N° d'ordre : 56

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

(Mention Sciences)

PAR

Claude SIMEON

INGENIEUR DE L'INSTITUT AGRICOLE DE L'UNIVERSITE DE TOULOUSE

Diagnostic de la pollution des eaux au moyen de méthodes hydrobiologiques

– Application à l'hydrogéologie –

soutenue le 2 Juillet 1968, devant la Commission d'Examen

MM.	VIGNEAUX	professeur.....	*Président*
	BARETS	professeur.....	*Examinateurs*
	LEVEQUE	professeur.....	
	VOLVEY	ingénieur.....	*Invité*

– 1968 –

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549617_0002

N° d'ordre : 56

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

(Mention Sciences)

PAR

Claude SIMEON

INGENIEUR DE L'INSTITUT AGRICOLE DE L'UNIVERSITE DE TOULOUSE

Diagnostic de la pollution des eaux au moyen de méthodes hydrobiologiques

– Application à l'hydrogéologie –

soutenue le 2 Juillet 1968, devant la Commission d'Examen

MM.	VIGNEAUX	professeur.....	*Président*
	BARETS	professeur.....	*Examinateurs*
	LEVEQUE	professeur.....	
	VOLVEY	ingénieur.....	*Invité*

– 1968 –

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Doyen honoraire : M. BRUS

Doyen : M. CALAS

Professeurs honoraires :

M. KASTLER	Professeur à la Sorbonne
M. PISOT	Professeur à la Sorbonne
Mlle JOSIEN	Professeur à la Sorbonne
M. MILLOUX	
M. DANGEARD	
M. CAU	
M. GENEVOIS	

Professeurs :

M. BRUS	Chimie
M. AVEL	Zoologie et physiologie animale
M. ROUSSET	Physique générale
M. ROGER	Mécanique rationnelle
M. WEILL	Anatomie comparée et embryogénie
M. DUFRESNOY	Mathématiques générales
M. LAFON	Physiologie générale
M. BOUNHIOL	Biologie animale
M. SERVANT	Physique
M. CALAS	Chimie organique
M. GAY	Cristallographie et minéralogie
M. PACAULT	Chimie physique
M. SCHOELLER	Géologie
M. DAVID	Physiologie végétale
M. COLMEZ	Méthodes mathématiques de la physique
M. CAMBAR	Biologie animale
M. VIGNEAUX	Géologie
M. PANOUSE	Zoologie (détaché à la Faculté des Sciences du Maroc)
M. ARZELIES	Physique (détaché à la Faculté des Sciences du Maroc)
M. RIBEREAU-GAYON	Oenologie et chimie agricole
M. RISS	Mathématiques
M. GUIZONNIER	Physique
M. HAGET	Zoologie expérimentale
M. SEMIROT	Astronomie
M. CHASTEL	Physique nucléaire
M. HAGENMULLER	Chimie minérale

M. CREAC'H	Biologie animale
M. LOUDETTE	Mécanique physique
M. PATY	Chimie
M. BORDES	Préhistoire
M. SECHET	Botanique
M. BAGANAS	Mathématiques
M. VALENTIN	Radioélectricité
M. LAFARGUE	Physique - C. S. U. de PAU
M. ENNOUCHI	Géologie (détaché à la Faculté des Sciences du Maroc
M. EYME	Botanique
M. RUAMPS	Physique électronique
M. DESCHAMPS	Chimie - C. S. U. de PAU
M. FRAINNET	Chimie organique
M. HOARAU	Chimie physique
M. MARCHAND	Chimie
M. LALANDE	Chimie appliquée
M. GOTTIS	Géologie dynamique
M. LEMANCEAU	Chimie
M. CARDO	Psychophysiologie
M. ROCH	Physique
M. BELLON	Chimie (détaché à la Faculté des Sciences du Maroc)
M. CLASTRE	Cristallographie physique
M. JOUSSOT-DUBIEN	Chimie
M. VALADE	Chimie organique
M. SURDIN	Automatique
M. BLONDEL	Mathématiques
M. SOURISSEAU	Chimie
M. MAYER	Physique - C. S. U. de PAU
Mlle FAURE-MURET	Géologie (détachée à la Faculté des Sciences du Maroc)
M. CLIN	Géologie
M. LOCHET	Physique
M. VINDT	Biologie végétale
M. REGNIER	Mathématiques
Mlle LAFFITTE	Physique
M. DESTRIAU	Chimie
M. PETIT	Physique corpusculaire
M. BARAUD	Chimie biologique
M. EMBERGER	Géologie
M. BOTHOREL	Chimie
M. CHARRU	Physique

M. SIMONOFF .. .. Chimie physique
M. LASCOMBE ..... Chimie
M. RIMPAULT ..... Physique théorique
M. BONASTRE ..... Chimie - C. S. U. de PAU
M. BARETS ..... Biologie animale
M. GROMB ..... Chimie - C. S. U. de PAU
M. PINEAU ..... Chimie
M. LEVEQUE ..... Géologie approfondie
M. BOUSSEAU ..... Physique
M. MENNRATH ..... Physique
M. ANDRE ..... Biologie générale
M. BOUAS-LAURENT ..... Chimie organique
M. N ..... Biochimie
M. N ..... Informatique
M. N. ..... Calcul infinitésimal

Maître de conférences honoraire :

M. de PUYMALY

Maîtres de conférences :

M. RIBEREAU GAYON Pascal ..... Chimie oenologie
M. DUPUY ..... Physique - C. S. U. de PAU
M. LACAZE ..... Physique - C. S. U. de PAU
Mlle DUTRIEU ..... Physiologie animale
M. RAULT ..... Chimie minérale
Mme PETIT ..... Physique
M. BERNET ..... Génétique
M. GOMEL ..... Chimie (détaché à la Faculté des Sciences du Maroc)
M. BABIN ..... Physique - C. S. U. de PAU
M. FRESNEL ..... Mathématiques
M. MOYES ..... Géologie
M. LUTZ ..... Botanique
M. MOULINES ..... Chimie
M. METRAS ..... Chimie - C. S. U. de PAU
M. POUCHARD ..... Chimie minérale
M. SARDOS ..... Physique
M. MATTENET ..... Mathématiques - C. S.U. de PAU
M. LESCA ..... Mathématiques
M. ARTOLA ..... Mathématiques
M. DUMERY ..... Mécanique
M. de MAHTAN ..... Mathématiques
M. BECKER ..... Mathématiques

M. N ..... Physique - C. S. U. de PAU
M. N ..... Physique théorique
M. N ..... Physique théorique
M. N ..... Mathématiques - C. S. U. de PAU

Conseiller Administratif :

M. LLORENS

A V A N T - P R O P O S

-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-

Le travail que j'ai l'honneur de soumettre à vos critiques me fournit l'occasion de remercier tous ceux qui l'ont rendu possible et dont les conseils précieux m'ont été d'un grand secours.

Monsieur le Professeur VIGNEAUX qui m'a incité à réaliser cette étude et encouragé pour la mener à bonne fin. Je lui suis très reconnaissant d'avoir bien voulu accepter la présidence du Jury.

Monsieur le Professeur LEVEQUE m'a constamment orienté et n'a pas ménagé sa peine pour me prodiguer les conseils nécessaires et me faire profiter de sa grande expérience d'hydrogéologue. Son amicale bienveillance m'a été d'un grand secours.

Monsieur le Professeur BARETS a accepté de juger ce travail qu'il veuille bien trouver ici l'expression de toute ma gratitude.

Je remercie particulièrement Monsieur PECQUEUR Directeur Adjoint des Productions du Commissariat à l'Energie Atomique et Monsieur VOLVEY Directeur du Centre de PIERRELATTE qui ont bien voulu m'accorder l'autorisation d'effectuer et de publier ce travail et qui m'ont donné les moyens de le réaliser. Je les assure de mes sentiments respectueux.

Je n'aurais garde d'oublier, Monsieur COLLOMP, Chef de la Section Protection du Centre pour les facilités qu'il m'a accordées avec ses encouragements.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mes collègues et collaborateurs de l'Unité de Contrôles et Mesures Bio-Chimiques, pour l'aide qu'ils m'ont apportée notamment Madame ARCHIMBAUD qui a effectué de nombreuses analyses et m'a fait bénéficier de ses compétences de chimiste et Monsieur BONNEFOY-CLAUDET dont les déterminations botaniques ont été très précieuses.

Enfin il m'est agréable de remercier Madame FABRE pour la conscience et le dévouement avec lesquels elle a assumé une grande partie de la réalisation matérielle de ce mémoire.

-:-:-:-:-:-

- TABLE DES MATIERES -

Pages

- INTRODUCTION - Chimioécologie..... 1

- Chapitre I - Inventaire écologique de la moyenne vallée du RHONE 10

- Chapitre II - Différents types de pollutions 35

- Chapitre III - Détermination des zones de Saprobies 38

- Chapitre IV - Application de la méthode de contrôle hydrobiologique aux cours d'eaux intéressant la région de PIERRELATTE 41

- Chapitre V - Caractères généraux des algues et systématique 46

- Chapitre VI - Essais toxicologiques effectués sur des algues du périphyton 50

- Chapitre VII - Essais d'une application de l'écologie des algues microscopiques à la détection de la pollution des eaux 53

- Résultats de plusieurs campagnes d'observations :

- 1964 53

- 1965 63

- 1966 68

- 1967 73

- Chapitre VIII - CONCLUSION ET COMMENTAIRES 78

- BIBLIOGRAPHIE - 82

- I N T R O D U C T I O N -

La civilisation actuelle est définie par de multiples caractéristiques qui dans des domaines différents posent de nombreux problèmes. Parmi ceux-ci l'un des plus préoccupants est incontestablement celui de l'eau qui est en train de devenir "un des minéraux le plus précieux" pour l'homme.

En effet d'une part les besoins augmentent constamment pour la satisfaction des besoins domestiques, agricoles et industriels.

D'autre part les qualités de ces eaux sont altérées par les rejets d'effluents divers qui en modifient défavorablement les propriétés et en limitent l'utilisation dans de nombreux cas.

Le problème de l'utilisation rationnelle des eaux est donc posé et avec lui celui des différentes pollutions contre lesquelles il faut lutter avec un ensemble de moyens appropriés.

Le but du travail que nous soumettons à votre approbation et à votre critique est d'essayer d'apporter une modeste contribution à la sauvegarde de notre patrimoine hydrologique, en tentant de fixer certaines conditions générales et dispositions particulières dont une harmonieuse synthèse permettrait peut être de concilier exigences urbaines et industrielles avec l'alimentation en eau.

En plus, l'utilisation de méthodes hydrobiologiques peut apporter à l'hydrogéologue un concours intéressant pour l'étude du cycle complet de l'eau dans le cadre des utilisations successives, elle lui permet de réaliser des inventaires complets dans le domaine hydrologique et de repérer certaines eaux en fonction de leur flore planctonique.

Le développement industriel et urbain qui caractérise la deuxième moitié du vingtième siècle et les progrés et avantages matériels qui en découlent ont en contre partie une production importante de déchets de toutes sortes : organiques, chimiques, radioactifs, constituant des sous-produits encombrants qui posent de nombreux problèmes d'évacuation et de traitements.

En effet pendant longtemps ces débris et effluents divers ont été déversés sans grand contrôle ou traitements dans les milieux naturels :

- atmosphère,
- surface du sol,
- cours d'eaux et mers, où leur accumulation progressive est à la base de pollutions caractérisées génératrices de troubles divers : déprédations des édifices et constructions, corrosion

.../

exagérée, gaspillage de l'eau, diminution des ressources naturelles et de la productivité des cours d'eau, des sols et des cultures qu'ils portent, incidences sur la santé humaine, phénomènes de corrosion dans les Etablissements industriels, pollution bactériologiques, perturbations dans les cycles biologiques et les chaînes alimentaires, atteintes au patrimoine naturel.

A l'heure actuelle les rejets et pollutions inconsidérés constituent un luxe que l'on ne peut plus se permettre en raison des conséquences économiques et biologiques qu'elles entraînent.

L'augmentation continue de la population mondiale nécessite dès maintenant un développement de toutes les ressources de la planète, les régions abandonnées ou stériles devront être rendues à la vie et fertilisées, l'utilisation rationnelle des eaux douces devra être étudiée avec attention car l'eau est en passe de devenir un des facteurs limitants pour le développement de nombreuses régions. Il est vraisemblable que d'ici peu les techniques les plus modernes devront être mises en oeuvre pour augmenter les ressources hydriques, notamment le dessalement des eaux de mer. Il serait assez paradoxal qu'un grand nombre de techniciens travaillent à tirer un parti maximum des ressources de la nature et de la science et que d'autre part une méconnaissance du traitement des déchets provenant des activités humaines vienne contrecarrer ces efforts, ralentir les progrés et augmenter les prix de revient de toutes ces opérations, une prise de conscience est nécessaire et le prix des installations d'épuration et de traitements des résidus industriels ou urbains doit désormais être intégré dans les devis et les projets et comptabilisé dans les prix de revient et les bilans.

Il est nécessaire de comprendre qu'il ne faut pas s'abriter derrière la protection de la nature en général pour s'opposer au progrés technique indispensable et freiner le développement industriel, la position contraire qui consiste à nier le danger des pollutions et des rejets incontrôlés des toxiques dans le milieu en refusant d'examiner rationnellement le problème est également condamnable.

La solution logique est une solution de conciliation qui consiste à définir les caractéristiques des nouvelles installations industrielles ou urbaines, à préciser la nature de leurs effluents, à déterminer la capacité de réception du milieu à l'égard des polluants en étudiant notamment les transferts dans la chaîne alimentaire et la diminution de productivité des milieux hydrobiologiques et terrestres et enfin grâce à ces données à indiquer les normes de rejets et les traitements à appliquer aux différentes catégories d'effluents pour ne pas hypothéquer les autres utilisations possibles.

.../

Pendant la période de fonctionnement d'une installation, il faudra surveiller l'évolution du milieu pour vérifier la validité des normes au moyen d'analyses chimiques d'observations écologiques et biologiques soigneusement planifiées.

L'utilisation directe de nombreux produits chimiques comme indicateurs ou traceurs dans les milieux naturels biologiques ou minéraux est également rendue possible par les travaux d'hydroécologie qui définissent les conditions d'utilisation, surveillent l'évolution et préviennent ainsi les accidents.

Tous ces travaux, recherches, expérimentations et contrôles rentrent dans le cadre de la chimioécologie.

Celle-ci peut ainsi être définie :

- Science des rapports des organismes vivants dans le contexte du milieu environnant avec les produits chimiques et toxiques pouvant polluer la biosphère ou un écosystème considéré, employés pour les activités humaines ou l'utilisation rationnelle des ressources de la nature.

Le rôle de la chimioécologie étant ainsi défini il faut préciser les moyens dont elle dispose pour y parvenir.

- MOYENS D'ACTION DE LA CHIMIOECOLOGIE -

1°) - Sur le plan scientifique :

Pour parvenir aux buts qu'elle s'est fixée la chimioécologie doit faire appel à de nombreuses sciences dont elle réalise une synthèse afin d'en tirer les informations nécessaires.

Tout d'abord, bien entendu : l'écologie en général "science des inter-relations de l'environnement mettant en évidence les facteurs liant la vie des êtres vivants aux conditions du milieu".

L'interdépendance des populations et communautés diverses forme la synécologie ; c'est une question très importante car une influence ou action sur une seule espèce peut entraîner une cascade de réactions en chaîne sur les autres.

On peut essayer de définir un ordre d'étude pour une enquête écologique générale ou plus particulière afin de

.../

traiter un problème précis. Il faudra premièrement réaliser un inventaire, un état des lieux aussi précis que possible adapté au but que l'on recherche. Pour cela : déterminer les conditions climatiques et microclimatiques à l'aide de la météorologie et d'observations locales.

Faire une étude géologique, pédologique et géochimique du milieu physique pour déterminer les composantes physiques de l'habitat, aquatique, terrestre ou aérien.

Etablir un état analytique grâce à la chimie pour évaluer les cycles intervenant dans la chaîne alimentaire en fonction des facteurs de milieu : minéralogie des sols, composition des eaux, pH, éléments traces, composition normale des tissus végétaux et animaux considérés.

S'efforcer de réaliser un inventaire faunistique et floristique complet permettant de définir les écosystèmes (unité de milieu bio-géographique) les biocoenoses (associations souvent symbiotiques d'organismes vivants en équilibre avec le milieu physique qui les entoure) de préciser les loges, de définir les pyramides alimentaires :

- producteurs primaires photosynthétiques,
- consommateurs primaires herbivores, phytophages,
- consommateurs secondaires carnivores,
- consommateurs tertiaires.

Les différents maillons de cette chaîne alimentaire sont appelés niveaux trophiques. Leur connaissance est indispensable pour pouvoir juger de l'influence globale des perturbations pouvant influer sur l'un d'eux. Pour ces états descriptifs l'écologiste devra faire appel à toutes les ressources de la zoologie et de la botanique.

En utilisant ces différentes disciplines l'écologiste peut définir et déterminer avec relativement de précision les caractéristiques du milieu qui sont à étudier pour évaluer les conséquences de certains polluants ou de produits utilisés dans le cadre d'une opération particulière.

Lorsqu'il sera en possession de tous ces renseignements au moyen d'expériences toxicologiques menées en Laboratoire il pourra déterminer sur les espèces les plus sensibles ou les plus visées les concentrations maxima à ne pas dépasser pour des rejets ou déversements donnés. Il évaluera tout d'abord les risques de pollution aiguë puis ensuite les risques de pollution chronique.

.../

A partir de ces données il définira les caractéristiques de ces effluents, les concentrations maxima tolérables, les caractéristiques des installations d'épuration.

Comme les indications receuillies expérimentalement l'ont été à petite échelle, on mettra au point un système de contrôle pour vérifier "in vivo" la validité des normes retenues. Pour celà on procédera à de multiples analyses chimiques, géotechniques, géochimiques, écologiques afin de s'assurer de l'absence de facteurs de reconcentration ou de la valeur inoffensive de ceux-ci dans les eaux, les sols, les matières végétales et animales. Dans la mesure ou les techniques le permettent on évaluera la productivité des biocoenoses considérées pour être alertées en cas de diminution quantitative ou de rupture d'équilibre qualitatif.

Dans le domaine des effluents atmosphériques des mesures systématiques de concentration des polluants dans l'air et dans les eaux de pluie donneront une idée de leur répartition et de leur évolution.

Il s'agit là bien entendu de notions générales qui devront être adaptées aux cas particuliers notamment pour le choix des espèces tests qui serviront de révélateurs biologiques.

Le choix de ces dernières reposera sur un certain nombre de critères parmi lesquels il faut citer :

- l'utilisation alimentaire éventuelle ou le rôle dans les niveaux trophiques,

- l'importance quantitative de l'espèce envisagée, sa répartition géographique,

- sa faculté de reconcentration pour les corps ou éléments toxiques considérés.

Ces multiples exigences obligent souvent le chercheur à préciser des points de biologie mal définis, à considérer le concept d'ensemble et par là même l'écologie fait progresser plusieurs branches de la science. Enfin la bactériologie s'avère indispensable dans de nombreux cas.

.../

2°) - Moyens techniques nécessaires, rapports avec l'hydrogéologie :

Nous avons tenté de donner une définition d'une science essayant de faire la synthèse des disciplines diverses afin de mieux connaître les ressources naturelles, les protéger et les utiliser à bon escient.

A notre avis l'écologie ne doit pas être une organisation théorique et hiérarchisée à l'excès qui ferait appel successivement aux différentes spécialités avec de grosses difficultés de synthèse de ces dernières. Elle devrait être un véritable "état d'esprit" animant tous les spécialistes de la sitologie, de la géologie, de l'hygiène industrielle qui, étant conscients du problème général et de l'aide que peut leur apporter une connaissance la plus parfaite possible du milieu étudié, l'appliqueraient à leurs problèmes.

A cet effet l'hydrogéologie doit comprendre une branche de mesures chimio-écologiques qui lui procurera les renseignements nécessaires pour assurer à la collectivité ou à l'industrie qui doit s'implanter l'eau nécessaire.

Elle pourra ainsi prévoir un cycle complet de l'eau en fonction des ressources naturelles, de l'utilisation qui en sera faite, au retour dans le milieu et de son recyclage pour un nouvel usage en fonction des caractéristiques qu'on lui aura maintenues.

En effet, la nécessité impérieuse d'utiliser au maximum les ressources hydriques ne permet plus de traiter un problème isolément, on est dans l'obligation de le placer dans un contexte général et de commencer l'étude par les possibilités et les ressources naturelles pour la terminer au retour des eaux résiduaires dans le milieu, c'est-à-dire à l'aval, dans le sol ou dans les bordures marines.

Pour illustrer ce programme de travail nous allons essayer de citer un exemple pratique de recherche hydrogéologique destinée à assurer l'alimentation en eau d'un complexe industriel important, tout en tenant compte de la rétrocession de ces eaux dans le milieu, et de l'influence de leur localisation sur les problèmes de construction et d'exploitation.

Le site industriel choisi se trouve dans la vallée du Rhône en bordure du canal d'amenée de DONZERE-MONDRAGON. Il est édifié sur des alluvions modernes contenant une nappe

.../

alluviale reposant sur des marnes plaisanciennes. Le réseau hydrographique de surface est constitué par une rivière locale collectant les eaux de ruissellement de plusieurs bassins versants.

Les différents problèmes hydrogéologiques et hydrologiques à résoudre ont été les suivants :

- Bien connaître les caractéristiques de la nappe pour évaluer son influence sur la construction : génie civil, mécanique du sol niveau piézométrique maximum atteint, nécessité de drainage,

- Etudier les possibilités d'alimentation en fonction de son débit, vitesse d'écoulement, perméabilité, transmissivité, protection contre la pollution, composition chimique exacte, bilan quantitatif,réalimentation des réseaux superficiels, techniques de blocage d'une infiltration accidentelle, débit maximum utilisable,

- Alimentation par les précipitations atmosphériques ou par les cours d'eau locaux, évolution régionale en fonction des besoins des collectivités ou des riverains,

- Définir les cours d'eau de surface au point de vue chimique afin de bien établir leurs caractéristiques et fixer les traitements éventuels en fonction des usages qui doivent en être faits. Cette connaissance chimique et géochimique est également indispensable pour calculer les possibilités de rejet des effluents et les normes correspondantes qui dépendent de la capacité de réception du milieu. Des études particulières doivent être réalisées pour établir des hypothèses de pollution accidentelle et voir quelles seraient les influences à attendre et les moyens d'intervention à mettre en oeuvre, cela étant valable aussi pour la nappe. Ce programme fait appel à des disciplines voisines comme l'hydrobiologie, la toxicologie (calcul des dilutions limites ou minima mortelles poissons), l'agronomie (influence des produits contenus dans les effluents sur les cultures irrigées).

Le problème quantitatif est également important pour les axes hydrologiques de surface afin d'évaluer avec précision les débits pendant les différentes saisons et mettre en place la régulation nécessaire afin de ne pas apporter de perturbation aux utilisateurs avals.

.../

En résumé on peut voir que les études de base doivent être très complètes et faire appel à des disciplines variées. L'hydrogéologue, le géologue, l'hydrologue, le chimiste et le naturaliste doivent se conditionner un esprit de synthèse indispensable pour réaliser une étude complète afin d'insérer l'établissement collectif ou industriel dans le complexe régional en utilisant rationnellement ses potentialités mais en ne portant pas atteinte à son développement futur ou à ses activités traditionnelles.

Cette synthèse des caractéristiques du milieu peut servir de trait d'union entre le progrés et le développement industriel et la protection et l'utilisation logique des ressources de la nature dont nous aurons de plus en plus besoin. Au risque de passer pour quelque peu "visionnaire" elle devra prévoir à longue échéance "au-delà des programmes économiques à court terme qui calculent tous les rendements en argent..."

Petite fraction de l'écologie en général elle participera, avec ses moyens et en liaison avec les disciplines voisines à la planification de "l'usage de la terre et de ses couvertures naturelles".

Le"milieu ambiant" ne restera sûr et profitable que dans la mesure ou les grands cycles biogéochimiques ne seront pas altérés d'une manière irréversible.

Tous ces programmes sont incontestablement ambitieux dans une certaine mesure, mais il semble bien qu'une "conscience écologique" (M. BATES 62) se fasse jour à l'heure actuelle et doive grandir dans les générations à venir.

Notre but plus limité est de rendre possible certaines opérations, certaines installations sans prendre de risques inconsidérés et de concilier les exigences des diverses sciences et techniques indispensables à l'évolution normale de notre société, en insistant bien sur le fait qu'en matière d'écologie des eaux notamment les conclusions de base doivent être suivies d'un contrôle permanent du milieu en fonction des variables pouvant intervenir et de la plasticité de la matière vivante.

.../

En résumé nous voyons que les études du milieu sont indispensables dans tout problème de recherche fondamentale ou appliquée. En raison de sa facilité d'évolution au point de vue composition et des conséquences que cela entraine, l'eau doit être particulièrement étudiée, suivie et protégée dans tout son cycle.

Parmi les nombreux moyens qui permettent d'arriver à ce résultat nous voulons essayer de montrer l'intérêt d'une connaissance et d'une étude de la flore phytoplanctonique qui, en raison de ses caractères anatomo-physiologiques, constitue le reflet des caractéristiques des eaux et évolue avec celle-ci en fonction de ses propriétés physico-chimiques.

Nous avons choisi un cas particulier sur les eaux douces en étudiant leurs variations de composition et de potentiel biologique en fonction de rejets d'effluents, mais il est vraisemblable que des renseignements intéressants pourraient être obtenus sur les eaux saumâtres ou salées notamment dans les bordures littorales par les mêmes méthodes.

Dans le cadre des études de protection de l'usine de Séparation Isotopique de PIERRELATTE nous avons été appelés à en prendre, dans différents domaines, et notamment celui du réseau hydrographique des mesures conservatoires afin de n'exercer aucune influence défavorable sur le milieu et la biosphère.

A ce titre à partir du gabarit général donné par les textes officiels et particuliers régissant les rejets nous avons dû définir les caractéristiques physiques et chimiques des effluents afin qu'ils ne présentent pas de toxicité et qu'ils modifient au minimum la composition des eaux du Rhône dans lequel ils sont rejetés.

Après ce premier stade il a fallu s'assurer qu'effectivement dans le milieu récepteur aucune modification profonde ne se produisait. C'est alors que nous avons essayé d'étudier l'écologie des algues du périphyton, très sensibles aux variations chimiques, en tant que révélateur biologique éventuel d'une pollution chronique, et d'une modification trophique éventuelle.

Ces essais ont porté sur l'eau du Rhône, dans le Canal d'amenée de DONZERE-MONDRAGON, ce qui nous conduits à décrire sommairement cette partie de la vallée, théâtre de ces études avant d'exploiter les résultats des comptages de densité des algues et de leur répartition spécifique.

.../

- C H A P I T R E I -

- INVENTAIRE ECOLOGIQUE DE LA MOYENNE VALLEE DU RHONE -

INTRODUCTION

I - CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES ET GEOLOGIQUES DE LA REGION ETUDIEE

II - CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES

III - ANALYSES DES EAUX DU RHONE ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS

- lieux, fréquence, résultats, discussion des résultats

IV - INVENTAIRE BOTANIQUE DES BORDURES FLUVIALES

V - INVENTAIRE HYDROBIOLOGIQUE :

- ZOOPLANCTON
- PHYTOPLANCTON
- NECTON

- INTRODUCTION

Le développement industriel et agricole, l'augmentation démographique de la vallée du Rhône posent un double problème dans le domaine hydrologique :

- l'alimentation des collectivités et des cultures avec une eau présentant les caractéristiques et les exigences nécessaires ;

- l'élimination des déchets produits par ces diverses activités.

Ce dernier poste doit être réglé de manière à concilier plusieurs impératifs:

- utiliser des installations de traitement d'utilisation facile et de prix de revient raisonnable ;

- ne pas altérer les caractéristiques de l'eau de la rivière ou du fleuve dans lequel les effluents sont rejetés ;

- ne pas perturber la vie aquatique pour des raisons à la fois touristiques, économiques et scientifiques ;

- permettre l'utilisation aval de l'eau, notamment pour l'irrigation sans entraîner de risques agronomiques ou alimentaires.

Afin de calculer les normes de rejet de façon sûre, de vérifier leur validité, il est indispensable de réaliser des inventaires fréquents du milieu limnique à surveiller et de comparer régulièrement les valeurs trouvées et les observations réalisées.

Les "inventaires" entrent d'ailleurs dans le cadre des prescriptions de la loi de décembre 1964 sur les pollutions.

Cette étude a donc eu plusieurs buts :

1°) - Mieux connaître cette portion du Rhône

2°) - Apprécier les pollutions dont le fleuve et ses affluents peuvent être l'objet

3°) - Suivre l'évolution hydrobiologique et écologique résultant des modifications de composition chimique et des variations physiques provoquées par la "domestication" du fleuve.

.../

Dans ce but, nous avons procédé à une étude tendant à préciser pour cette section du bassin du Rhône :

1°) - Les caractères géographiques, géologiques et climatologiques

2°) - La composition chimique des eaux du Rhône et de ses affluents

3°) - La répartition botanique des principales espèces le long des bordures fluviales

4°) - L'inventaire du zoo et du phytoplancton

5°) - L'inventaire du Necton.

I - INVENTAIRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE SOMMAIRE -

1°) - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le bassin du Rhône sépare deux ensembles géographiques distincts, celui du Massif Central d'origine hercynienne de celui de la zone alpine occidentale d'origine tertiaire.

La dépression rhodanienne assure la transition entre ces deux orographies. Le relief jeune des Alpes montre des altitudes nettement supérieures à celles du massif central cf fig. 1.

2°) - GEOLOGIE DE LA ZONE RHODANIENNE

La vallée du Rhône se trouve sur la partie externe de l'arc alpin occidental. Le Rhône a déposé ses alluvions sur la dépression périalpine.

STRATIGRAPHIE

Cette dépression est caractérisée par des terrains qui s'étalent du Jurassique jusqu'au quaternaire compris.

Ce sont :

Les séries marines néritiques, ou littorales du crétacé moyen et supérieur, représentées par des calcaires compacts, des grés, des grés calcareux, des sables gréseux, des sables grossiers.

L'aspect plus grossier du sommet de la formation annonce un faciès plus littoral.

On trouve à la fin du crétacé supérieur une émersion de cette zone. Elle débute à l'éocène inférieur. Les terrains antérieurs subissent les agents de l'érosion. On a formation d'argiles

.../

de "décalcification". On note également la présence de sables.

L'oligocène est représenté par des faciès lagunaires et lacustres avec des marnes colorées, des calcaires. La mer miocène vient ensuite déposer en transgression une série molassique.

Ce seront les sables argileux, les marnes sableuses, les grés du miocène. La transgression pliocène dépose des marnes bleues.

Le sillon alpin a fini de fonctionner l'ensemble étant émergé. On assiste à la suite des variations du niveau de base au cours de l'antévillafranchien et du quaternaire, au phénomène de surimpression des cours d'eau : canyon de l'Ardèche, de la Cèze, etc...

Le quaternaire est marqué par les différentes phases de glaciations. Les glaciers recouvraient alors la zone alpine. Au front de ces derniers, s'écoulent des rivières qui vont déposer les alluvions bien connues dans la vallée du bas Rhône. On trouve dans la région de Pierrelatte deux terrasses.

Ces alluvions sont constituées de pierres, galets, sables, argiles. Elles constituent un excellent réservoir aquifère marqué par des variations horizontales et verticales de perméabilité.

A l'Est de ce sillon périalpin on trouve la zone subalpine externe. Elle est intimement mêlée à la tectonique alpine. Elle se caractérise par les formations calcaires, jurassique, crétacé, tertiaire du Diois, des Baronnies.

3°) - TECTONIQUE -

L'émersion éocène annonce le grand boulversement alpin. Les efforts orogéniques vont se manifester avec une intensité variable pendant tout le Tertiaire. Le maximum d'intensité se manifeste à l'éocène supérieur. La forme alpine se soulève. Les Alpes internes se dressent rejetant la mer alpine vers l'Ouest. Cette mer correspond au sillon périalpin qui fonctionna pendant l'oligocène et tout le miocène.

4°) - HYDROGEOLOGIE, HYDROLOGIE

Les épaisses formations calcaires des deux bordures rhodaniennes, présentent un écoulement en grand. Cela conduit à une infiltration et à une évacuation rapide des précipitations. Cela se manifestera par les crues soudaines et dangereuses de l'Ardèche par

.../

exemple. Ces faciès peuvent contenir des réserves aquifères, mais leur reconnaissance est très aléatoire.

Les ressources les plus sûres se situent dans les alluvions rhodaniennes, d'une part parce que la filtration est excellente, d'autre part parce que les débits utilisables sont relativement élevés.

II - CARACTERES GENERAUX DU CLIMAT DE LA MOYENNE VALLEE DU RHONE -

Le climat de la moyenne vallée du Rhône est dominé par le mistral, vent violent de secteur Nord, par des précipitations abondantes au printemps et surtout en automne, par des étés en général secs et chauds et des hivers relativement doux.

Nous avons puisé les valeurs des divers facteurs climatologiques dans"l'ETUDE CLIMATOLOGIQUE DE LA REGION DE MONTELIMAR" de Messieurs GOUJON et LEONARD et dans "L'ETUDE METEOROLOGIQUE DU SITE DE PIERRELATTE".

1°) - PRECIPITATIONS -

La hauteur annuelle des précipitations décroît du Nord au Sud dans la Vallée du Rhône, de 977 mm à Montélimar, elle passe à 846 mm à Pierrelatte et 8I2 mm à Orange. Le nombre de jours de précipitations passe de I07 à Montélimar, à 79 à Orange.

On peut distinguer deux périodes pluvieuses (graphiques I et II) l'une en automne avec maximum en septembre et l'autre au printemps avec un maximum en mai. L'hiver et l'été sont des saisons beaucoup plus sèches. Le tableau ci-dessous donne la hauteur moyenne des précipitations pour chaque saison et pour cinq stations.

STATIONS	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	HIVER	ANNEE
MONTELIMAR	242.4	I86.I	362.I	I86.2	976.8
PIERRELATTE	205.0	I77.0	325.0	I39.0	846
LAPALUD	I97.4	I42.6	307.9	I82.7	830.6
ORANGE	I99.0	I75.0	297.0	I4I.0	8I2
AVIGNON	I65.0	I20.0	223.0	I08.0	6I6

.../

Le nombre relativement faible des jours de précipitations peut donner une idée de la violence de certaines précipitations. C'est ainsi qu'il n'est pas exceptionnel d'observer des précipitations supérieures à 100 mm en 24 heures. Le 15 septembre I950 il est tombé 208,1mm à la station de Montélimar, cette même station a recueilli le 2I septembre I942 I28,3 mm d'eau en 3 heures I8 mn.

Les chutes de neige importantes sont généralement rares, elles se produisent habituellement de Décembre à Février, mais des chutes ont été observées de Novembre à Mai.

Les orages peuvent se produire en toutes saisons, mais la fréquence la plus forte a lieu au cours de l'été. Les chutes de grêle sont relativement peu fréquentes. La trajectoire des orages est habituellement Sud ou Sud-Ouest à Nord ou Nord-Est.

2°) - TEMPERATURE -

La température moyenne annuelle croît du Nord au Sud, elle est de I3° 0 à Montélimar, de I3° 5 à Pierrelatte et de I4° 0 en Avignon. Sur le graphique III on trouvera pour la station de Montélimar les températures normales mensuelles (I92I - I944) et, afin de donner une idée de la variabilité de la température nous avons porté les extrêmes mensuels absolus pour la même période.

L'amplitude absolue pour cette période est de 57°C à Montélimar (- I7° C en février I948 et + 40° C en juillet I929). On relève une amplitude identique au poste climatologique de Lapalud pour la période I947 - I96I.

Le mois le plus chaud est en général le mois de Juillet et le mois le plus froid est en moyenne le mois de Janvier. Les températures absolues les plus basses sont observées en général au mois de Février. En moyenne, on compte une quarantaine de jours de gelée sous abri, les dates extrêmes des gelées se situant entre le 25 Octobre et le 2 Mai.

3) - INSOLATION -

La moyenne vallée du Rhône est une région très ensoleillée, on y compte en effet 2 500 heures d'ensoleillement par an à Montélimar.

La moyenne d'ensoleillement au mois de Juillet est de 329 heures, le mois de Décembre par contre moins favorisé n'en compte que 92. A titre de comparaison, les régions plus méridionales comptent en moyenne 3 000 heures d'ensoleillement par an.

.../

4°) - VENT EN SURFACE -

Le vent est un élément très important du climat de la moyenne vallée du Rhône. Le couloir Rhodanien orienté Nord Sud canalise les courants aériens dans la vallée, il en résulte une polarisation extrême de la rose des vents avec une prédominance des vents de secteur Nord.

Nous donnons (graphique IV) la rose des vents de PIERRELATTE pour l'année 1966. Nous avons observé 66,1 °/₀ des vents de secteur Nord (de N. O. à N. E.) et 25,8 °/₀ de secteur Sud (de S. W. à S. E.). Les directions Est et Ouest représentent 4,4 °/₀ et 3,7 °/₀ des observations.

On notera que 84,6 °/₀ des vitesses sont supérieures à 2 m seconde et près de 20 °/₀ > à 10 m seconde (il s'agit de vitesses moyennes horaires).

La vitesse maximale instantanée enregistrée sur le pylone de 12 m depuis 1963 a été de 50 m seconde de direction S. - S.-E. le 18 Avril 1964.

Les vents de Nord souvent violents sont en moyenne les plus fréquents en hiver avec un maximum en Février. En 1965 par exemple, nous avons enregistré 98 °/₀ de vent de secteur Nord dont 43 °/₀ des vitesses étaient supérieures à 10 m seconde. Des fréquences importantes de vent de Nord sont également observées en Juin et Juillet. Il faut remarquer que les fréquences correspondent aux mois les moins pluvieux.

Le climat de la moyenne vallée du Rhône est un climat fait de contrastes suivant qu'il subit les influences continentales ou maritimes. C'est un climat de transition entre le climat Rhodanien et le climat Méditerranéen avec cependant une forte prédominance de ce dernier.

III - ANALYSES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'EAU DU RHONE ET DE SES AFFLUENTS DANS LA SECTION ETUDIEE -

Pour bien connaître ces caractéristiques nous avons procédé régulièrement à des prélèvements d'échantillons avec une fréquence trimestrielle sur les cours d'eau et aux points suivants :

- Le Doux : peu avant son confluent
- L'Isère : à Pont d'Isère
- Le Rhône à Châteaubourg
- L'Eyrieux : peu avant Beauchastel
- La Drôme : à Vercheny
- L'Ouvèze : au Pouzin
- Le Roubion : à Bonlieu

.../

- l'Escoutay en amont de Viviers

- le Rhône au niveau de la RN 86 J (Donzère)

- le canal de Donzère-Mondragon en a ont du Site de Pierrelatte

- le canal de Donzère-Mondragon au niveau du Site de Pierrelatte

- le canal de Donzère-Mondragon à l'aval du Site

- Le Lauzon après sa jonction avec la Gaffière

- Le Rhône à St Etienne des Sorts

- l'Ardèche à Sauze

- l'Aygues à Orange

Les résultats obtenus depuis 1966 à titre d'exemple peuvent se résumer de la façon suivante :

1°) - AFFLUENTS DE LA RIVE DROITE DU RHONE

- LE DOUX : les teneurs en chlorures, sulfates et calcium sont faibles par rapport aux autres cours d'eau étudiés. A signaler la teneur particulièrement élevée en ammoniaque ($\simeq$ 1 mg/l) ainsi que la D.B.O. au mois de Février.

- l'EYRIEUX : les teneurs en chlorures, sulfates, calcium sont tout à fait comparables avec celles du Doux. On note également une concentration relativement élevée en ammoniaque ainsi que de la D.B.O. au mois de Février.

- l'OUVEZE : Les concentrations de chlorures sulfates, calcium, magnésium, sodium, potassium sont moyennes. La D.B.O. est en général relativement élevée par rapport aux autres points.

- l'ESCOUTAY : Les teneurs en chlorures sont comparables avec celles de l'Ouvèze. Les concentrations en sulfates, calcium, magnésium, sodium, potassium sont légèrement plus élevées. En général la pollution organique est moindre que dans le Doux l'Eyrieux et l'Ouvèze.

- l'ARDECHE : au point de vue charge minérale l'Ardèche est tout à fait comparable à des affluents, tels que le Doux et l'Eyrieux. Mais sa pollution organique est extrèmement faible : la D.B.O.

.../

ne dépasse pas 1,4 mg/l les teneurs en ammoniaque et en nitrites sont toujours nulles et la teneur en nitrates ne dépasse pas 0,5 mg/l Débit très variable.

Les affluents de la rive droite sont peu minéralisés, c'est surtout le cas du Doux, de l'Eyrieux et de l'Ardèche. L'Ouvèze et l'Escoutay sont relativement chargés en sulfates, calcium, magnésium, sodium et potassium.

Par contre, on note une pollution organique prépondérante au mois de Février dans le Doux et l'Eyrieux.

2°) - AFFLUENTS DE LA RIVE GAUCHE DU RHONE

- L'ISERE : Des teneurs sont particulièrement élevées en sulfates, calcium, magnésium, sodium, potassium et uranium. C'est en Février que la pollution organique est la plus importante (DBO = 5 mg/l)

- Le ROUBION : Les concentrations en chlorures et sulfates sont faibles. Par contre celles du calcium, magnésium, sodium et potassium sont élevées et comparables à celles de l'Isère.

- Le LAUZON : Les concentrations en chlorures, sulfates, phosphates, fluorures, calcium, sodium et potassium sont élevées.
La D.B.O. est faible par contre la teneur en nitrates est supérieure à la moyenne. Débit de l'ordre de 1 m3/seconde.

- L'AYGUES : Si les concentrations en chlorures, sulfates sont faibles et comparables avec celles du Roubion, il semble que les concentrations en sodium, potassium et magnésium sont supérieures dans l'Aygues.

Les affluents de la rive gauche sont particulièrement riches en cations alcalins et alcalino-terreux. Débit faible.

3°) - LE RHONE -

- A CHATEAUBOURG

- En amont du canal de Donzère-Mondragon

- Dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du point de rejet de Pierrelatte, au point de rejet, en aval du point de rejet

- En aval du canal de Donzère-Mondragon à St Etienne des Sorts.

.../

CHLORURES -

C'est à CHATEAUBOURG que la concentration en chlorures est la plus élevée. Cette concentration diminue à mesure que le Rhône s'achemine vers le Sud, ce qui est normal car tous les affluents ont des concentrations inférieures.

SULFATES -

Au contraire c'est à CHATEAUBOURG que la concentration est la plus faible en sulfates elle augmente ensuite à cause des caractéristiques chimiques de l'Isère.

PHOSPHATES -

Il y a régulièrement présence de phosphates à CHATEAUBOURG. En aval la concentration est inférieure au seuil de sensibilité de la méthode à cause de la dilution due aux affluents.

Ca^{++} -

La concentration en calcium est élevée, du même ordre de grandeur que celle de l'Isère et ne varie pas entre les différents points.

Mg^{++} -

La concentration est plus importante que dans les affluents, on note une diminution de la concentration après le confluent de l'Ardèche, c'est-à-dire au point de prélèvement de St ETIENNE-DES-SORTS.

Na^{+} -

La concentration à CHATEAUBOURG est comparable à celle de l'Isère puis on observe une dilution, on peut faire la même remarque pour le potassium.

On constate que les concentrations des différents éléments minéraux dans le Rhône sont principalement influencées par l'apport de la pollution minérale de l'Isère et par la dilution due à l'Ardèche.

Le débit moyen du Rhône à Donzère est de l'ordre de 1800 m3/s

.../

4°) - METHODES D'ANALYSES EMPLOYEES

a) - Titre alcalimétrique

Titre alcalimétrique complet. Détermination par pH-mètre en arrêtant le titrage au pH respectif de 8,5 pour le titre alcalimétrique

de 4 pour le titre alcalimétrique complet.

b) - Chlorures

On titre avec une solution de nitrate mercurique à pH 4. L'excès de mercure est mis en évidence par la formation d'un complexe violet avec la diphénylcarbazone.

c) - Sulfates (1)

On titre en milieu alcoolique à pH apparent de 3,2 en présence de précipité de sulfate de baryum et d'alizarine par une solution de chlorure de baryum.

d) - Phosphates

Le complexe phosphomolybdate réduit par l'acide ascorbique donne une coloration bleue - Spectrophotométrie.

e) - Fluorures (2)

Séparation du fluor en présence de silice par entraînement à la vapeur d'eau surchauffée en milieu perchlorique. Formation d'un complexe avec le zirconium en présence d'ériochrome cyanine R. Spectrophotométrie indirecte.

f) - Calcium

Le calcium présent dans l'eau forme un complexe avec l'acide éthylène diaminetétracétique (EDTA) à pH 12, on emploie le solachrome violet comme indicateur.

g) - Magnésium (3)

Les ions calcium et magnésium forment avec l'acide éthylène diaminetétracétique (EDTA) un complexe du type chélate. En présence de noir Eriochrome T additionné de rouge de méthyle, le complexe donne une coloration rouge qui passe au vert à la fin de la chélation, connaissant la teneur en calcium, la teneur en magnésium est alors déduite.

h) - Sodium - Potassium

Spectrophotométrie de flamme.

.../

i) - Uranium (4)

La fluorescence des sels d'uranyle est intensifiée par fusion avec du fluorure de sodium.

j) - Ammoniaque

Le réactif de Nessler, en présence d'ammoniaque est décomposé avec formation d'iodure de dimercuriammonium - Spectrophotométrie

k) - Nitrate

Les nitrates se transforment en présence de salicylate de sodium en dérivés nitrés donnant une coloration jaune en milieu basique Spectrophotométrie

l) - Nitrite (5)

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ions ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2 un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites. Spectrophotométrie.

m) - Demande biochimique d'oxygène 5 jours

L'analyseur d'oxygène (Beckman) mesure la pression partielle d'oxygène

n) - Radioactivité β

- filtrat : évaporation ; mesure de l'activité de 400 mg d'extrait sec (β solubles)

- matières en suspension : calcination du filtre ; comptage de la totalité des cendres (β insolubles).).

5°) - CONCLUSION

Cette étude de comparaison de la composition physico chimique des eaux du Rhône et de ses principaux affluents de CHATEAUBOURG (au Sud de LYON) à ST ETIENNE-DES-SORTS (Sud du canal de fuite de Donzère-Mondragon) permet de faire ressortir que l'Isère est un fleuve aussi pollué que le Rhône, qu'après son confluent avec l'Isère, le Rhône varie peu de composition sauf après avoir reçu l'Ardèche qui est un facteur de dilution.

Il semble que c'est à l'automne que la pollution organique est la moins importante vraisemblablement à cause des grands débits qui sont véhiculés à la suite des pluies importantes qui se produisent à cette saison. L'examen des analyses pratiquées sur ces différents cours d'eau fait bien ressortir l'influence de l'usage qui en est fait et des agglomérations ou industries qui en jalonnent les bords.

.../

La comparaison de ces résultats dans l'espace et dans le temps permettra de déceler l'orientation future et d'apprécier l'évolution des eaux de cette région dans l'avenir. On pourra soit constater une augmentation de la pollution soit une stabilisation ou une baisse en raison des efforts qui sont entrepris dans ce sens.

Bien entendu cette étude est encore très succinte, il sera très intéressant de la poursuivre dans les années à venir pour juger de l'évolution de l'ensemble.

IV - INVENTAIRE BOTANIQUE DES BORDURES FLUVIALES

INTRODUCTION

Cet inventaire, très succinct, a été réalisé pendant l'été 1966 ; il souffre évidemment de lacunes et aura besoin de compléments au cours des années à venir. Plutôt qu'une étude complète, il s'agit d'un essai de reconnaissance, d'une première base de travail, d'un aperçu biologique donnant une impression d'ensemble : il y manque certains détails, qui seront complétés par la suite. Il ne s'agira en fait que d'une énumération des espèces reconnues le long du fleuve, et non d'une répartition quantitative de la flore ou de l'importance relative chiffrée d'espèces par rapport aux autres, ce travail pouvant être fait dans un deuxième stade.

1°) - CONDITIONS BIO-CLIMATIQUES

La première question que nous devions nous poser en entreprenant cette étude, était de savoir quel type de climat allait orienter la répartition des espèces sur la portion de Rhône étudiée. Pour ce faire, nous nous sommes rapportés aux courbes ombrothermiques et à l'indice xérothermiques de H. GAUSSENS.

Les courbes ombrothermiques, obtenues en faisant intervenir la courbe des moyennes mensuelles des températures et de précipitations font apparaître (figure 3) les limites de la sècheresse estivale dans la vallée du Rhône.

Quant à l'indice xérothermique, qui tient compte de l'humidité atmosphérique, il fait apparaître une zone euméditerranéenne et une zone subméditerranéenne, suivant que cet indice est supérieur ou égal à 40, ou supérieur ou égal à 1. On a les chiffres suivants :

- Avignon : 43
- Bollène : 22
- Montélimar : 13
- Valence : 7
- Lyon : 0

.../

Et si d'autre part, on admet avec FLAHAULT que "la limite de la culture de l'olivier coïncide exactement avec la limite de la flore méditerranéenne en France", il faut admettre que Pierrelatte est le point le plus septentrional de cette flore méditerranéenne et en tout cas, la portion de Rhône étudiée correspond bien à un climat de type méditerranéen.

Dès lors les différences d'espèces devaient s'aplanir et c'est effectivement ce que l'on observe : il n'existe pas de différence fondamentale entre les espèces trouvées tout au long de la portion de fleuve étudiée. S'il existe des différences elles résident peut-être dans la distribution ou dans l'importance quantitative d'une espèce par rapport à une autre.

2°) - ECOLOGIE VEGETALE DES BORDS DU RHONE

a) - Caractéristiques générales

Les différentes espèces qui s'étagent tout au long du fleuve appartiennent à 3 strates, arborescente , arbustive et herbacée, la première étant d'ailleurs la plus importante. Ces strates apparaissent d'ailleurs sous différents aspects : elles peuvent être :

- soit régulièrement étagées sur les berges, l'arborescente étant alors la plus éloignée de l'eau :

- soit intimement mêlées les unes avec les autres

- soit n'apparaître que sous une seule forme, ce caractère dépendant alors de la structure du substratum : c'est ainsi que les escarpements rocheux ne favorisent que les grand arbres, alors que les escarpements limoneux ou sableux sont le domaine des petits arbustes et des herbes.

b) - Nature de la flore

Le caractère fondamental de cette flore qui borde les rives du Rhône est double. On y note en effet :

- d'une part la très grande richesse du feuillu, faisant apparaître ces rives comme considérablement fournies

- et d'autre part, malgré cette abondance, le petit nombre d'espèces végétales : ce sont en effet toujours les mêmes espèces que l'on retrouve, d'où cet aspect parfaitement régulier que présentent les rives du Rhône, puisque seul un très petit nombre d'espèces les peuplent.

.../

Cet étage du bord des eaux s'étend assez largement sur les deux rives du fleuve, remonte les affluents et peuple les bras morts du Rhône.

1 - Strate arborescente

Cette strate, qui prend naissance sur les alluvions quaternaires toujours humides, est composée d'une seule ou de plusieurs lignes d'arbres :

- Bétulées : Alnus glutinosa (Goestre)

- Salicinées : Salix alba L.
  Salix cinerea L.
  Populus alba L.
  Populus nigra L.

- Cupulifères : Quercus Robur L.
  Quercus Ilex L.

- Platanées : Platanus vulgaris (Spach) : planté au Nord du barrage de Donzère, rive droite.

- Papilionacées : Robinia pseudoacacia L. = depuis le Nord de Donzère jusqu'à St Etienne des Sorts

2 - Strate arbustive

Formant le sous-bois de la précédente strate ou bien l'intermédiaire entre cette dernière et la strate herbacée.

- Salicinées : Salix purpurea L.
  Salix fragilis L.
  Salix viminalis L.

- Rosacées : Rubus fructicones L.
  Cratoegus Oxyacantha L.
  Cotoneaster vulgaris (Lindl.)

- Morées : Morus alba L.

- Ficacées : Ficus carica L.

.../

3 - Strate Herbacée

Aux essences multiples formant sur certaines îles du Rhône, de riches prairies.

- Typhacées : Typha latifolia L.
  Typha angustifolia L.
  Typha minima Hoppe

- Joncées : Juncus communis E. Hey

- Cypéracées : Carex dioïca L.
  Carex hirta L.
  Carex glauca Hun
  Carex riparia Curt.
  Carex flava L.

- Graminées : Agropyrum caninum R et S
  Phragmites communis Trin
  Bromus stérilis L.
  Bromus mollis L.
  Bromus racemosus L.
  Festuca elatior L.
  Eragrotis vulgaris Coss. et Germ.
  Alopecurus utriculatus Pers.
  Agrotis canina L.
  Glyceria fluitans R.

- Crucifères : Cardamine hirsuta L.
  Cardamine pratensis L.
  Nasturtium officinale R. Br

- Caryophyllées : Silene inflata Sm
  Silene paradoxa L.

- Papilionacées : Lathyrus palustris L.
  Melilotus macrorhiza - Pers.
  Melilotus officinalis - Lam.

- Rosacées : Potentilla subacaulis L.

- Ombellifères : Seseli elatum L.
  Oenanthe fistulosa L.
  Oenanthe pencedanifolia Pall.

.../

- Composées : Crupina vulgaris - Cass.
  Inula Vaillantii (Vi l.)
  Inula dysenterica L.
  Inula Helenium L.
  Cirsium oleraceum Scop.

- Euphorbiacées : Euphorbia palustris L.
  Euphorbia Esula L.

- Equisetacées : Equisetum arvense L.
  Equisetum palustre L.
  Equisetum ramosum Schl.
  Equisetum variegatum L.

c) - Les associations végétales

Tout au long de la portion de fleuve prospectée, les associations végétales semblent assez régulièrement établies, les différences de caractère provenant de facteurs, tels que la nature du substratum et les inondations et exondations dues aux variations de niveau provoquées par les barrages.

Le schéma classique est ce ui d'une ligne d'arbres très touffus (aunes, saules, peupliers), suivie d'un étage arbustif pour arriver à une litière herbacée et variée. Mais ce schéma subit des fluctuations assez élastiques, avec diminution ou même disparition de l'un des étages. Ainsi :

- une rive limoneuse peut n'abriter que des prairies de graminées et autres phanérogames, ce caractère apparaissant notamment dans les méandres du fleuve.

- des plages de galets peuvent être nues ou donner asile à des espèces très rustiques ;

- les parties fréquemment inondées sont peuplées de saules, d'aunes, ainsi que par les diverses typhacées, joncées et cypéracées ;

- quant à la rive proprement dite, elle est peuplée tout au long de son cours, par des espèces arborescentes, ces dernières apparaissant même à la limite du fleuve et de l'urgonien au niveau du barrage de Donzère, rive gauche.

3°) - CONCLUSION

Ces associations qui s'étagent tout au long du Rhône depuis Valence jusqu'à St Etienne des Sorts, sont fonction de différents facteurs : climat, relief, substratum.

.../

Mais cette mosaïque contribue néanmoins à former une unité botanique bien nette, gravitant autour d'une dominante constituée par l'aune, le saule et les graminées. Toutes les autres plantes appartiennent à cet étage, difficile à reconnaître parfois à cause des altérations ou des modifications portées par l'homme. L'unité botanique persiste néanmoins et constitue ce que DOUIGNEAUD en 1946 avait appelé un "groupe écologique" c'est-à-dire un ensemble d'espèces végétales diverses, qui tendent à se regrouper dans des conditions d'environnement déterminées.

- INVENTAIRE DU PHYTOPLANCTON, DU ZOOPLANCTON ET DU NECTON

Cette énumération porte sur des espèces rencontrées dans le Rhône ou ses affluents sur la zone, objet de l'enquête écologique.

Nous citerons tout d'abord les algues du phytoplancton, les animaux du zooplancton et terminerons par les principales espèces de poissons constituant l'essentiel du Necton.

Cette organisation correspondra donc sensiblement à la pyramide alimentaire aquatique.

1°) - Algues du périphyton

Nous donnons une liste des principales algues rencontrées formant le périphyton :

- une classification sommaire sera établie dans un autre chapitre

- DIATOMEES

1 - 1
- Navicula radiosa (Kg
- N. rhyncocephala (Kütz)
- N. hungarina (Grün)
- N. humerosa (Breb)
- N. nobilis (Ehr)
- Cocconeis pediculus (Ehr)
- Melosira varians (Ag.)
- Pinnularia viridis (Ehr)
- Nitzschia gracilis (Hantzsch)
- Diatoma vulgare (Bory)
- D. elongatum (Ag)
- Synedra ulna (Nitzsch)
- Synedra radians (Kütz)
- Gyrosigma attenuatum (Kg)
- Gomphonema acuminatum (Ehr)
- G. constrictum (Ehr)
- G. geminatum (Ag)
- Cymatopleura solea (Breb)
- Cymatopleura elliptica (Breb)
- Rhoicosphenia curvata (Kg)
- Fragilaria virescens (Ralfs)
- Tabellaria fenestrata (Kg)
- Cymbella cistula (Kg)
- Cymbella lanceolata (Ehr)
- Cymbella cuspidata (Kg)
- Amphipleura pellucida (Kg
- Pleurosigma (W. Sm)
- Asterionella formosa (Hass.)
- Caloneis silicula (Ehr)
- Caloneis amphisbaena (Bory)
- Amphora ovalis (Kütz)

.../

- ALGUES FILAMENTEUSES

1 - 2 - Oedogonium (Link)
- Ulothrix zonata (Kütz
- Mougeotia (Agardh)
- Mougeotia scalaris
- Chaetophora (Schrank)
- Spirogyra (Lagerheim)

- CYANOPHYCEES

1 - 3 - Oscillatoria (Vaucher)
- Oscillatoria limosa (Ag)
- Merismopedia (Meyen)

- DESMIDIEES

1 - 4 - Closterium moniliferum (Ehr)
- Cosmarium circulare (Reinsch)
- Cosmarium punctulatum (Nordst.)
- Cosmarium protractum (Näg?)
- Euastrum elegans (Breb)
- Micrasterias crux-melitensis (Ehr)
- Staurastrum tetracerum (Kg)

- TETRASPORALES ET PROTOCOCCALES

1 - 5 - Pediastrum Boryanum (Turp.)
- Pediastrum biradiatum (Meyen)
-Scenedesmus quadricauda (Chod.)
- Scenedesmus sp.

2°)- Faune aquatique du zooplancton

Toutes les espèces peuplant la vallée du Rhône sont des espèces typiques des eaux douces.

2 - 1 - HYDROZOAIRES

- Hydra Sp

2 - 2 - TURBELLARIES

Trouvés en assez grand nombre sur toutes les pierres et plantes immergées et appartenant aux Planariidae :

- Planaria torva (M. Schultze)
- Planaria lugubris (O. Schm.)
- Polycellis nigra (Ehrbg.)

2 - 3 - ANNELIDES

a) Oligochètes

- Stylaria lacustris (L) - Naidae

b) Hirudinées

- Pharyngobdellidae : Herpobdella Octoculata (L)
- Rhynchobdellidae : Piscicola geometra (L)

2 - 4 - CRUSTACES

La classe la plus importante, avec celle des poissons et servant de base à la chaîne alimentaire.

a) Entomostracés

2-4-1 - Cladocères : Daphnia pulex (Ley.)

2-4-2 - Copépodes : Cyclops

b) Malacostracés :

2-4-3 - Isopodes (Asellidae
- Asellus (aquaticus(L)

2-4-4 - Amphipodes (Gammaridae)
- Gammarus pulex (L)

2-4-5 - Décapodes

- Astacus fluviatilis (A. astacus-Linne)(MACROURE) rencontré à la Coucourde.

.../

2 - 5 - INSECTES

2-5-1 - Plecoptères - Ephéméroptères

De nombreuses larves furent trouvées, mais leur détermination est incertaine.

2-5-2 - Hétéroptères

- Gymnocérates

  - Hydrometridae - Hydrometra stagnorum (L)
  - Gerridae - Gerris Lacustris (L)
  - Acanthiidae - Acanthia variabilis (H-S)

- Cryptocérates

  a) Nepsidae

  - Nepa cinerea (L)
  - Ranatra linearis (L)

  b) Corixidae

  - Corixa Geoffroyi (Leach)

  c) Notonectidae

  - Notonecta

2-5-3 - Coleoptères hydrocanthares

a) Dytiscidae

- Agabus (Eriglenus) undulatus (Schrank)
- Cybister lateralimarginalis (DE GEER)
- Capelatus hoemorroïdalis (F) : sur les joncs
- Graphoderus austriacus (STURM) : au niveau de Donzère.

b) Hygrobiidae

- Hygrobia torda (HERBST) var. conjuncta (EV.) : dans la vase.

c) Gyrinidae

- Gyrinus urinator (LUIG)
- Gyrinus distinctus (AUBE)

2-5-4 - Diptères

Très nombreux de même que des larves, mais dnnt la détermination n'a pu être faite.

2-5-5 - Odonates

a) - Libellulidae

- Sympetrum pedemontranum (ALLIONI)

.../

b) - Agriidae

- Agrion (Caloptéryx) splendens (HARR.)

c) -Agrionidae

- Nehalennia speciosa
- Pyrrhosoma nymphula (SULZ.)

d) - Aeschnidae

- Aescha viridis (EVERSH)
- Aescha affinis (L)
- Anax imperator (LEACH)

2-5-6 - Trichoptères

- Phryganea (Phryganeidae)

2 - 6 - MOLLUSQUES

2-6-1 - Gastéropodes

a) - Ancylidae

- Ancylus fluviatilis (MILL)

b) - Lymnaeidae

- Lymnoea stagnalis (L)
- Radix auricularia (L)

c) - Physidae

- Physa fontinalis (L)

2-6-2 - Lamellibranches

- Anodontes

3°) - Inventaire du Necton : Les poissons

Dans le cadre de cette enquête écologique sur le moyen Rhône, entre le confluent de l'Isère et MONDRAGON nous avons réalisé un inventaire des poissons peuplant le Rhône et ses principaux affluents.

.../

Nous donnons ci-dessous une liste qui bien entendu n'est pas limitative mais représente une moyenne des prises faites et des constatations opérées en deux ans :

3 - 1 - CLUPEIDES

- ALOSA FICTA RHODANENSIS : Paralosa nilotica rhodanensis - Roule poisson d'origine marine remontant régulièrement dans les eaux du Rhône etde certains de ses affluents, elle est arrêtée maintenant par les grands barrages, mais auparavant on pouvait la trouver jusqu'à LYON.

3 - 2 - SALMONIDES

- TRUITE - Salmo trutta (L) : rare dans nos cours d'eau en raison de leur température et de l'insuffisance en oxygène dissous.

- HUCHON : Salvelinus hucho (L) : il s'agit d'un salmonidé originaire du Bassin Danubien introduit dans le Rhône et en Savoie que l'on rencontre de plus en plus fréquemment dans le Rhône où il aurait l'avantage de s'attaquer au Hotu.

3 - 3 - ESOCIDES

- BROCHET : Esox Lucius (L) : carnassier, se plaisant dans les herbiers le long des rives dans lesquels il se tient immobile à l'affût. C'est une espèce de valeur.

3 - 4 - CYPRINIDES

- LA CARPE : Cyprinus Carpio (L) : se plait dans les eaux stagnantes et chaudes.

- LE CARASSIN : Carassius Carassius (L) : on rencontre fréquemment cette espèce dans les eaux dormantes et même marécageuses, sa biologie ressemble à celle de la carpe.

- BOUVIERE : Rhodeus amarus (Bloch) : ce poisson ressemble assez grossièrement à la Brème, elle est d'un aspect brillant, gris verdâtre sur le dos, blanc sur le ventre. Une demi-bande verte s'étend de chaque côté du pédoncule caudal. C'est une espèce qui vit dans les eaux calmes et vaseuses. Elle est relativement polyphage. Sa présence dans le Rhône semble assez rare.

- BARBEAU COMMUN : Barbus barbus (L) : relativement peu fréquent dans la moyenne Vallée du Rhône.

.../

- LE GOUJON : Gobio gobio : préfére les fonds de sable propre et les eaux fraîches assez oxygénées, on le trouve dans les canaux de surface et le Rhône.

- LA TANCHE : Tinca tinca (L) : vit dans les eaux calmes vaseuses riches en plantes aquatiques et relativement chaudes.

- BREME COMMUNE : Abramis brama (L) : elle vit dans des loges profondes au contact de la vase et évite la lumière vive, se trouve dans les gravières et caissons de régulation.

- BREME BORDELIERE : Blicca bjorkna (L) : elle diffère de la brême ordinaire par la grandeur de l'oeil par rapport à la tête et à la couleur rouge de la base des nageoires inférieures. Elle peut s'hybrider avec le Gardon et le Rotengle comme la Grande Brême.

- LE GARDON : Gardonus Rutilus (L) : très répandu préfère les herbiers assez denses au bord des pièces ou des cours d'eau, supporte assez bien les pollutions organiques.

- LE ROTENGLE : Scardinius érythrophtalmus (L) : appelé aussi Gardon rouge, il est moins résistant que le précédent, assez répandu.

- LE HOTU : Chondrostoma nasus (L) : espèce envahissante, sans intérêt et classée nuisible, se déplace par bancs assez denses, détruit les frayères des autres espèces.

- LE SPIRLIN : Spirlinus bipunctatus (Bloch) : assez peu fréquent semble-t-il dans la portion du Rhône considérée, il est moins allongé que l'Ablette et porte une bande latérale foncée qui entraîne souvent une confusion avec le Blageon. On le rencontre dans des trous d'eau.

- L'ABLETTE : Alburnus alburnus (L) : extrêmement nombreuses le long des berges du Rhône, à la limite du courant.

- CHEVAINE : Leuciscus Cephalus (L) : très nombreux dans les cours d'eau locaux et dans le Rhône, aime la lumière et se rencontre souvent à la surface, s'hybride facilement avec la Vandoise.

- VANDOISE : Leuciscus leuciscus (L) : très répandue, s'accomode d'eaux médiocres, bien qu'elle les préfère claires.

- BLAGEON : Telestes soufia (Risso) : poisson caractérisé par une bande foncée sur les flancs depuis l'oeil jusqu'à la caudale. On le rencontre dans le Rhône et ses principaux affluents mais la "densité" de population est variable.

.../

- VAIRON : Phoxinus phoxinus (L) : espèce de petite taille avec des tâches de coloration variable sur les flancs, exigeante sur la qualité de l'eau on la trouve dans le même biotope que la truite. A notre connaissance le Vairon est relativement rare dans la zone que nous avons prospectée.

- SOFFIE : Chondrostoma taxostoma (VAL) : c'est un hotu de petite taille présentant en plus une bande longitudinale foncée. On la trouve souvent mélangée au hotu mais sa fécondité faible et sa petite taille la rendent moins nuisible que l'espèce précédente.

3 - 5 - SILURIDES

- POISSON CHAT : Ameiurus nebulosus (Lesueur) : espèce très vorace, nuisible, résistante, sans valeur pratique et qui se montre envahissante. Il s'agit là d'une importation malheureuse.

3 - 6 - ANGILLIDES

- ANGUILLE : Anguilla anguilla (L) : se trouve dans tous les cours d'eau quelques spécimens atteignent une belle taille, elle vit surtout dans la vase ou le fond des cours d'eau.

3 - 7 - CENTRARCHIDES

- PERCHE SOLEIL : Eupomotis gibbosus (L) : originaire d'Amérique, très envahissante et nombreuse dans ruisseaux et cours d'eau locaux. Ne présente pratiquement qu'un intérêt décoratif.

- BLACK-BASS : Micropterus salmoïdes (Lacép.) :chair de qualité, très vorace, on en trouve quelques spécimens dans le Rhône où il est relativement peu répandu, du moins dans la zone où nous effectuons des recherches statistiques.

3 - 8 - PERCIDES

- GREMILLE : Acerina cernua (L) : relativement fréquente dans la moyenne vallée du Rhône. Les deux dorsales sont réunies la première comportant des rayons épineux.

- PERCHE : Perca fluviatilis (L) : poisson assez fréquent dans le Rhône où elle vit en petites troupes groupées.

- SANDRE : Sander lucioperca (L) : poisson très recherché pour la qualité de sa chair, bien acclimaté dans les eaux du Rhône.

- L'APRON : Zingel asper (L) : corps allongé, cylindriforme, pédoncule caudal mince, deux dorsales séparées. Nous ne l'avons rencontré qu'à une ou deux reprises, il vit surtout sur les fonds de graviers.

PRELEVEMENTS / ANALYSES	LE DOUX	ISERE R 17	RHONE CHATEAUBOUG	L'EYRIEUX	DROME RHONE	DROME VEROCHEY	L'OUVEZE	LE ROUSTON
pH à 20° C	7,1	7,9	7,8	7,2	7,9	7,9	7,8	7,9
Résistivité Ω x cm	16 000	3 000	2 400	12 000	3 400	3 300	2 500	2 200
TA d° français								
TAC d° français								
Cl^- mg/l	10	10	20	14	10	10	20	4
$SO_4^=$ mg/l	8	56	20	6	10	8	32	30
P_2O_5 µg/l	< 40	< 40	300	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
F^- µg/l	120	450 filtre	520	100	210	60	340	270
D.B.O. mg/l	1,8	2,8	2,2	0,8	0,8	0,8	2	1,4
NH_4^+ µg/l	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
NO_3^- mg/l	0,5	1,0	2,6	0,5	0,9	0,8	1,7	1
NO_2^- mg/l	< 40	< 40	65	< 40	50	< 40	< 40	< 40
Ca^{++} mg/l	47	58	60	18	46	50	59	65,5
K^+ mg/l	0,7	1	2,1	1	0,85	0,85	1,7	1,7
Na+ mg/l	3,6	3,9	6,1	4	2,6	2	6,6	5,6
Mg^{++} mg/l	200 µg/l	3	1,4	200 µg/l	1	1,8	1,4	2
U µg/l	0,5	1,9	1,2	0,5	0,9	0,6	0,9	0,5
Radioactivité β (so-lubles en 10-9 µCi/ml	2,6 ± 19 %	5,2 ± 14 %	3,5 ± 17 %	2,5 ± 19 %	2 ± 24 %	0,8 ± 42 %	3,5 ± 18 %	1,8 ± 24 %
Radioactivité β inso-lubles en 10-9 µCi/ml	N. S.	11,3 ± 8 %	N. S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N. S.

PRELEVEMENTS / ANALYSES		ESCOUTAY	RHONE RN 86 J	CD RD 59	CD R1	CD CV 02	L'ARDECHE SAUZE	LE LAUZON	RHONE ST-ETIENNE	L'AYGUES
pH à 20° C		7,8	7,8	7,8	7,9	7,8	7,9	7,8	7,8	7,9
Résistivité	x cm	2 500	2 600	2 800	3 400	3 200	5 600	2 500	2 800	2 500
TA d° français										
TAC d° français										
Cl^-	mg/l	14	16	16	16	14	7	21	16	7
$SO_4^=$	mg/l	30	37	37	37	35	9	44	33	27
P_2O_5	µg/l	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	660	< 40	< 40
F^-	µg/l	400	340	360	320	450	150	520	350	420
D.B.O.	mg/l	1	1,8	2,8	4	2	1,4	0,6	3,4	0,6
NH_4^+	µg/l	< 20	< 20	350	350	640	< 20	< 20	200	540
NO_3^-	mg/l	0,4	1,7	1,8	1,7	1,8	0,5	2,9	2	1,5
NO_2^-	mg/l	<40	< 40	70	< 40	40	< 40	55	50	< 40
Ca^{++}	mg/l	70	59	55,5	55,5	60	33	67	56	50
K^+	mg/l	1,2	1,5	1,5	1,5	1,4	0,8	1,8	1,5	1,6
Na^+	mg/l	4,5	6,6	6	6,45	6	2,6	8,3	6,1	5,75
Mg^{++}	mg/l	2,6	1,8	1,8	2,4	1	200 mg/l	2,6	2,8	3
U	µg/l	0,6	1,2	1,8	1,8	1,6	0,6	2,5	1,6	0,9
Radioactivité β solubles en 10^{-9} µCi/ml		2,7 ± 24 %	4 ± 17 %	2,9 ± 18 %	2,6 ± 19 %	4,7 ± 17 %	1,7 ± 25 %	1,9 ± 25 %	2,9 ± 19 %	3,9 ± 18 %
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml		N.S.	3,6 ± 15 %	5 ± 12 %	5,8 ± 11 %	5,9 ± 11 %	N.S.	N.S.	6 ± 11 %	N.S.

SILLON RHODANIEN du 6.9.66

PRELEVEMENTS / ANALYSES	LE DOUX	ISERE R.T7	RHONE CHATEAUBOUG	L'EYRIEUX	DROME RHONE	DROME VERCHENY	L'OUVEZE	LE ROUBION
pH à 20° C	7,5	7,9	8,3	7,3	7,9	8	8,1	
Résistivité Ω x cm	12 000	2 000	2 280	7 400	2 600	2 400	2 240	
TA d° français								
TAC d° français								
Cl^- mg/l	4	10	14	7	7	4	16	
$SO_4^=$ mg/l	11	114	41	15	23	25	65	
P_2O_5 µg/l	0	0	170	0	0	0	80	
F^- µg/l	120	280	480	80	200	160	480	
D.B.O. ~mg/l	0,4	0,2	0,8	0,6	0,4	0,6	2,4	
NH_4^+ µg/l	0	0	0	0	0	0	0	
NO_3^- mg/l	0	0,800	2,08	0	1,52	1,74	1,6	
NO_2^- mg/l	0	0	90				1	
Ca^{++} mg/l	20	76	73	41	74	68	71	
K^+ mg/l								
Na^+ mg/l								
Mg^{++} mg/l	0,5	0,4	5,6	2	0,8	2,8	4	
U µg/l	0,6	2,2	1,4	< 0,2	0,8	1	1,6	
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml	2 ± 24 %	2,4 ± 25 %	3,4 ± 17 %	1,7 ± 26 %	1,7 ± 26 %	1,3 ± 30 %	2,7 ± 22 %	
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	

PRELEVEMENTS / ANALYSES	ESCOUTAY	RHONE RN 86 J	CD RD 59	CD R1	CD CV 02	L'ARDECHE SAUZE	LE LAUZON	RHONE ST-ETIENNE	L'AYGUES
pH à 20° C		8,3	8,3	8,4	8,5	8,1	7,7	8,4	7,9
Résistivité Ω x cm		2 120	2 400	1 920	2 160	3 200	2 040	2 000	7 200
TA d° français									
TAC d° français									
Cl^- mg/l		14	14	14	16	7	20	14	16
$SO_4^=$ mg/l		61	61	61	59	27	56	49	56
P_2O_5 µg/l		0	0	60	100	0	180	80	0
F^- µg/l		600	600	520	480	80	690	650	480
D.B.O. mg/l		1	1	1,6	1,2	1	0,6	1,6	0,6
NH_4^+ µg/l		0	0	0	640	0	0	480	560
NO_3^- mg/l		1,64	1,84	1,44	1,8	0	2,4	1,24	1,84
NO_2^- mg/l		120	95	75	85	0	55	95	0
Ca^{++} mg/l		72	69	69	71	54	75	76	64
K^+ mg/l									
Na^+ mg/l									
Mg^{++} mg/l		5,6	4,4	4,8	3,6	1,2	4,4	1,2	4
U µg/l		1,9	1,1	1,6	2	0,45	3	1,8	0,7
Radioactivité β solubles en 10^{-9} µCi/ml		2,9 ± 21 %	2,6 ± 21 %	2,3 ± 22 %	2,6 ± 21 %	1,6 ± 27 %	3,7 ± 19 %	2,7 ± 21 %	6,7 ± 16 %
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

PRELEVEMENTS / ANALYSES	LE DOUX	ISERE R.N.7	RHONE CHATEAUBOUC	L'EYRIEUX	DROME RHONE	DROME VERCHENY	L'OUVEZE	LE ROUBION
pH à 20° C	7,1	7,3	7,4	6,9	7,5	7,5	7,6	7,4
Résistivité Ω x cm	16 400	1 900	2 300	16 800	2 600	2 900	2 700	2 200
TA d° français								
TAC d° français								
Cl^- mg/l	16	10	28	16	14	12	16	10
$SO_4^=$ mg/l	14	92	38	16	26	33	34	46
P_2O_5 µg/l	< 50	< 50	464	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
F- µg/l	140	285	430	75	175	225	175	215
D.B.O. mg/l	1	2,6	3,2	2,2	2,2	2,2	2,8	1,6
NH_4^+ µg/l	< 200	< 200	440	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
NO_3^- mg/l	1	104	3	2	3,4	< 500 µg/l	2,4	1,6
NO_2^- mg/l	0	55	30	0	0	0	0	0
Ca^{++} mg/l	9	76	70	7	53	51	59	66
K^+ mg/l	0,8	1,4	2,6	0,95	1,2	3,5	2,2	2,2
Na^+ mg/l	4,4	12,8	11	3,9	4,4	4,8	6,4	2,5
Mg^{++} mg/l	0,4	1,2	10	0,4	4,4	5,6	4,4	5,2
U µg/l	0,3	2,2	1,5	0,3	0,9	1,2	1,2	0,9
Radioactivité β Iso-lubles en 10-9 µCi/ml	2 + 24 %	2 + 29 %	3 + 18 %	2 + 26 %	1,5 + 33 %	3 + 17 %	2,3 + 18 %	3,3 + 19 %
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	4,3 + 12 %	N.S.	N.S.

PRELEVEMENTS / ANALYSES	ESCOUTAY	RHONE RN 86 J	CD RD 59	CD R1	CD CV 02	L'ARDECHE SAUZE	LE LAUZON	RHONE ST-ETIENNE	L'AYGUES
pH à 20° C	7,4	7,4	7,5	7,5	7,4	7,4	7,5	7,5	7,4
Résistivité ~ x cm	2 300	2 200	2 700	2 600	2 700	9 800	2 400	2 800	3 000
TA d° français									
TAC d° français									
Cl^- mg/l	I4	I6	I6	I6	20	6	24	20	I0
$SO_4^=$ mg/l	40	48	52	55	54	I2	55	48	56
P_2O_5 µg/l	< 50	352	3I0	290	356	< 50	460	336	< 50
F^- µg/l	I65	365	350	350	335	75	350	335	I75 filtrée
D.B.O. mg/l	I,6	2	I,2	2,6	2,8	I	0,6	I,4	0,6
NH_4^+ µg/l	< 200	400	< 200	< 200	440	< 200	360	340	< 200
NO_3^- mg/l	2,2	4	2,4	2,6	2,5	< 500 µg/l	3	3,4	2,8
NO_2^- mg/l	0	55	55	55	40	0	40	35	0
Ca^{++} mg/l	63	74	72	72	7I	20	78	7I	60
N^+ mg/l	I,2	2,4	2,05	2,35	2,3	0,3	2,6	2,3	2
Na^+ mg/l	5	9,2	9,2	9,I	9,I	2,I	I2,2	8,6	8,2
Mg^{++} mg/l	4,8	5,2	5,2	5,2	5,2	2	5,2	4,8	6,4
U µg/l	0,9	2,5	I,9	I,9	I,9	0,9	3,4	I,9	0,6
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml	I,7 + 28 %	2,7 + 2I %	2,2 + 25 %	2,8 + 20 %	2,7 + I7 %	2,7 + I7 %	2,I + 24 %	3,6 + I7 %	2,2 + 20 %
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml	N.S.	4,5 ±I2 %	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	3,- ± I3 %

PRELEVEMENTS / ANALYSES	LE DOUX	ISERE R I7	RHONE CHATEAUBOUG	L'EYRIEUX	DROME RHONE	DROME VERCHENY	L'OUVEZE	LE ROUBION
pH à 20° C	6,0	7,2	7,4	7,1	7,5	7,5	7,5	7,5
Résistivité ⌒ x cm	9 100	920	1 100	7 700	1 200	1 140	1 750	1 100
TA d° français	0	0	0	0	0	0	0	0
TAC d° français	2	13	16	2	13	14	13	17
Cl^- mg/l	4	20	24	8	4	4	8	8
$SO_4^=$ mg/l	10	111	27	12	32	33	22	46
P_2O_5 µg/l	< 100	< 100	< 600	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
F^- µg/l	65	210	365	40	140	140	85	210
D.B.O. mg/l	3	1,4	2,4	1	1,2	0,8	1,2	1,8
NH_4^+ µg/l	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250
NO_3^- mg/l	4,5	5	6,20	5,5	1,3	2,1	4,6	3,9
NO_2^- mg/l	20	90	85	30	40	60	20	45
Ca^{++} mg/l	4,4	84	78	6,7	58	51	51	78
K^+ mg/l	0,8	1,3	2,4	0,9	1,1	1	1,5	1,9
Na^+ mg/l	4,5	15,6	11,7	4,2	5	4,5	4	6,75
Mg^{++} mg/l	2,5	11,1	4,2	1,3	8,3	8,3	5,6	5,6
U µg/l	0,8	2,8	2	0,8	1,1	1,1	1,1	0,8
Radioactivité β [illegible] so-lubles en 10-9 µCi/ml	1,8 ± 28 %	1,6 ± 31 %	2,9 ± 19 %	2 ± 20 %	1,8 ± 26 %	1,9 ± 24 %	2,8 ± 17 %	2,5 ± 22 %
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

PRELEVEMENTS / ANALYSES		ESCOUTAY	RHONE RN 86 J	CD RD 59	CD R1	CD CV 02	L'ARDECHE SAUZE	LE LAUZON	RHONE ST-ETIENNE	L'AYGUES
pH à 20° C		7,5	7,4	6,9	7,4	7,0	7,0	7,4	7,5	7,5
Résistivité Ω x cm		1 150	1 100	1 050	1 020	1 020	4 410	1 010	1 070	1 250
TA d° français		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAC d° français		15	15	12	16	12	3,5	16	15	15
Cl^-	mg/l	8	24	26	24	26	8	26	24	10
$SO_4^=$	mg/l	41	54	53	51	52	10	57	47	54
P_2O_5	µg/l	< 100	380	670	750	640	270	1 340	280	< 100
F^-	µg/l	155	300	355	330	355	95	425	390	Centrifugée 140
D.B.O.	mg/l	1,5	2	2,6	1,6	2	2,8	2	2,8	2
NH_4^+	µg/l	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250
NO_3^-	mg/l	2,22	20,2	62	6,4	56	12,4	5,6	5,3	4,5
NO_2^-	mg/l	20	55	150	85	140	< 20	90	75	< 20
Ca^{++}	mg/l	71	78	80	78	80	18	85	76	64
K^+	mg/l	1	1,9	1,9	1,9	1,9	0	2,1	1,9	2,4
Na^+	mg/l	4,3	10,7	11,7	11,7	11,6	2,3	12	11,5	8,6
Mg^{++}	mg/l	7	7	7	7	7	1,3	7	5,6	8,3
U	µg/l	0,8	1,6	2,5	2	2	0,8	3,3	1,6	1,1
Radioactivité β solubles en 10^{-9} µCi/ml		1,6 ± 29 %	2,1 ± 22 %	4,4 ± 16 %	2,8 ± 20 %	2,8 ± 22 %	2,3 ± 21 %	2,2 ± 24 %	2,3 ± 22 %	6,3 ± 16 %
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml		N. S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	64 au extrêmement chargée

PRELEVEMENTS / ANALYSES		LE DOUX	ISERE R I7	RHONE CHATEAUBOUG	L'EYRIEUX	DROME RHONE	DROME VERCHENY	L'OUVEZE	LE ROUBION
		1	2	3	4	5	6	7	8
pH à 20° C		7.2	7.0	6.9	6.8	7.2	7.4	7.3	7.3
Résistivité Ω x cm		9800	II50	I200	9200	I400	I550	I600	I200
TA d° français		0	0	0	0	0	0	0	0
TAC d° français		2	II.I	I5.2	2	I2.I	I2.I	I3.I	I6.2
Cl^-	mg/l	2	I3	I6	5	< 2	< 2	8	5
$SO_4^=$	mg/l	9	62	28	I3	22	20	24	32
P_2O_5	µg/l	< 5	< 5	580	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
F^-	µg/l	50	335	355	85	I35	II5	I35	I75
D.B.O.	mg/l	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	I	I
NH_4^+	µg/l	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250
NO_3^-	mg/l	0.5	I.4	I.7	0.55	I.6	4.4	I.5	0.6
NO_2^-	mg/l	< 25	< 25	80	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
Ca^{++}	mg/l	2	66	70	2	4	45	55	60
K^+	mg/l	0.5	0.5	I.7	0.5	0.8	0.5	I.5	I.5
Na^+	mg/l	4	7.5	I2.5	3.3	3	2.5	5	6
Mg^{++}	mg/l	2.4	8.5	4.9	I.8	6.7	6.I	5.5	6.7
U	µg/l	0.3	2.2	5.3	0.3	0.9	0.9	I.2	0.9
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml		2.2 ± 2I°/o	I.7 ± 29°/o	2.6 ± I9°/o	I.7 ± 26°/o	I.3 ± 28°/o	I.5 ± 27°/o	3.2 ± I9°/o	2.2 ± 22°/o
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

PRELEVEMENTS / ANALYSES		ESCOUTAY 9	RHONE RN 86 J IO	CD RD 59 II	CD R1 I2	CD CV 02 I3	L'ARDECHE SAUZE I4	LE LAUZON I5	RHONE ST-ETIENNE I6	L'AYGUES I7
pH à 20° C		7.3	7.0	7.I	7.I	7.I	7.I	7.0	7.0	7.3
Résistivité Ω x cm		II00	I250	I300	I250	I 300	3200	II50	I350	I600
TA d° français		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAC d° français		I3.I	I4.2	I4.2	I3.7	I3.7	7.3	I4	I3.7	I2.3
Cl^-	mg/l	5	I6	I6	I3	I3	5	24	I3	I0
$SO_4^=$	mg/l	28	35	36	33	36	I3	52	44	42
P_2O_5	µg/l	< 5	324	< 5	528	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
F^-	µg/l	I35	290	335	350	350	I00	385	3I0	200
D.B.O.	mg/l	0.6	I.6	I.2	2.6	I.6	I.4	I.4	3	I.8
NH_4^+	µg/l	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250
NO_3^-	mg/l	I.I	0.5	0.2	2	0.2	I	2.4	2.2	I.8
NO_2^-	mg/l	< 25	50	< 25	< 25	< 25	< 25	45	< 25	< 25
Ca^{++}	mg/l	53	82	64	65	64	25	72	64	48
K^+	mg/l	I	I.5	I.4	I.4	I.2	0.7	I.8	2.5	I.3
Na^+	mg/l	4.5	8.6	9.3	9.3	9.3	2.5	I2.5	8.5	8
Mg^{++}	mg/l	I.2	5.5	6.7	6.I	6.7	2.4	6.I	6.7	9.I
J	µg/l	0.9	4	I.9	2.2	I.9	0.9	2.5	I.I	I.I
Radioactivité β solubles en 10^{-9} µCi/ml		I.9 ± 26°/°	I.9 ± 24°/°	I.8 ± 25°/°	I.8 ± 24°/°	2.3 ± 22°/°	I.4 ± 29°/°	2.5 ± 22°/°	2.2 ± 2I°/°	I.9 ± 26°/°
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml		N.S.	5.3 ± II°/°	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	I.3 ± 27°/°

SILLON RHODANIEN 29.9.1967

PRELEVEMENTS / ANALYSES	LE DOUX 1	ISERE R 17 2	RHONE CHATEAUBOUG 3	L'EYRIEUX 4	DROME RHONE 5	DROME VERCHENY 6	L'OUVEZE 7	LE ROUBION 8
pH à 20° C	6.8	7.6	7.8	7.2	7.7	7.8	7.8	
Résistivité Ω x cm	1400	2100	2000	9000	2800	3000	2400	
TA d° français	0	0	0	0	0	0	[illegible]	
TAC d° français	2.5	11	15	3.2	17.1	13	14.2	
Cl^- mg/l	4.9	13	35	6.3	6	4.4	17	
$SO_4^=$ mg/l	12	17	5	6	5	6	32	
P_2O_5 µg/l	< 100	140	430	< 100	< 100	< 100	< 100	
F^- µg/l	115	325	360	130	160	100	240	
D.B.O. mg/l	2.4	1.4	1.4	1.	2.2	1.4	1.2	
NH_4^+ µg/l	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	
NO_3^- mg/l	0	1.35	1.60	1.32	2.60	1.30	1.24	
NO_2^- mg/l	< 25	60	35	< 25	30	< 25	120	
Ca^{++} mg/l	5	71	75	10	45	47	68	
K^+ mg/l	1.3	1.4	2.6	1.5	0.9	1	2.1	
Na^+ mg/l	5.0	9	13.5	7	4.4	4.3	9.5	
Mg^{++} mg/l	1.3	8.8	5	2.5	6.9	6.9	5.6	
U µg/l	0.8	2.2	1.8	0.8	1.2	1.8	1.5	
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml	1.1 ± 37 °/o	1.5 ± 29 °/o	3.1 ± 18°/o	2 ± 26°/o	1.4 ± 28°/o	1.1 ± 38°/o	2.8 ± 20°/o	
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml	N.S	N.S	1 ± 31°/o	N.S	N.S	N.S	N.S	

SILLON RHODANIEN 29.9.1967

N°		9	10	11	12	13	14	15	16	17
PRELEVEMENTS / ANALYSES		ESCOUTAY	RHONE RN 86 J	CD RD 59	CD R1	CD CV 02	L'ARDECHE SAUZE	LE LAUZON	RHONE ST-ETIENNE	L'AYGUES
pH à 20° C			7.8	7.9	7.8	7.9	7.9	7.6	7.8	
Résistivité	x cm		2400	200	200	2400	5400	2000	2200	
TA d° français			0	0	0	0	0	0	0	
TAC d° français			14	14.2	14	14	7.6	13.3	14	
Cl^-	mg/l		19	25	24	24	2.9	27	22	
$SO_4^=$	mg/l		12	35	42	39	34	49	36	
P_2O_5	µg/l		< 100	180	240	170	< 100	860	280	
F^-	µg/l		265	300	315	325	130	400	340	
D.B.O.	mg/l		0.8	1.2	1.8	1.4	2	1.6	2	
NH_4^+	µg/l		< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	
NO_3^-	mg/l		2	1.6	1.8	1.7	0.6	1.9	1.8	
NO_2^-	mg/l		35	35	145	56	< 25	< 25	60	
Ca^{++}	mg/l		67	71	71	71	30	76	71	
K^+	mg/l		1.9	1.8	1.9	1.9	1	3	2.2	
Na^+	mg/l		9	11.2	11.2	11.2	3.3	12.6	10.5	
Mg^{++}	mg/l		5	5.6	5	5	2.5	4.4	4.4	
U	µg/l		2	2	2.2	2	0.8	5.2	2.2	
Radioactivité β solubles en 10^{-9} µCi/ml			2.7 ± 17%	2.7 ± 19%	2 ± 25%	2.3 ± 21%	1.8 ± 31 %	2.9 ± 19%	3.5 ± 19%	
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml			1 ± 31 %	1,8 ± 21 %	1.9 ± 20%	3,1 ± 15%	N.S	0.8 ± 38%	2,7 ± 16%	

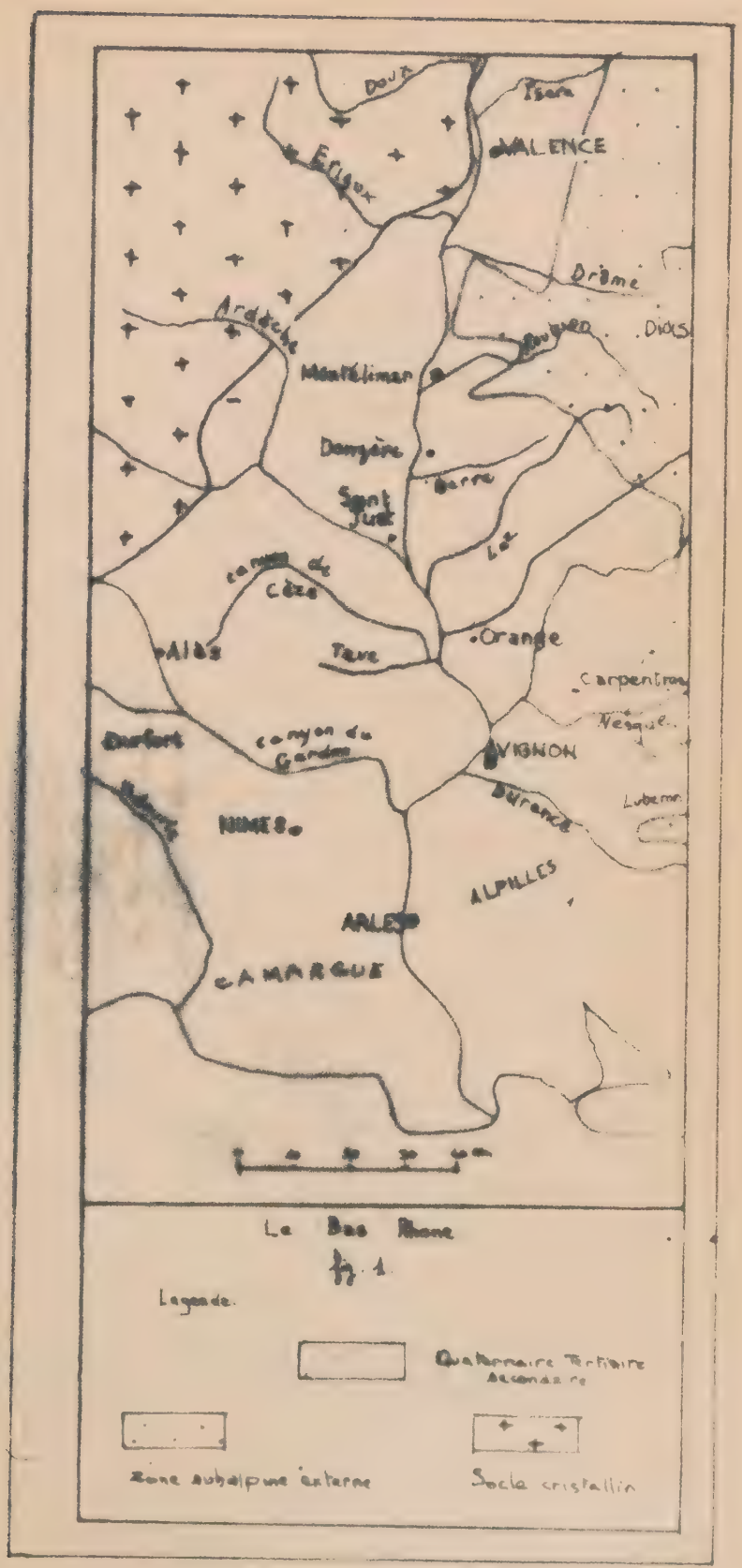
Prélèvements du 28 - 29.II.67

SILLON RHODANIEN

PRELEVEMENTS / ANALYSES		1 LE DOUX	2 ISERE R I7	3 RHONE CHATEAUBOUG	4 L'EYRIEUX	5 DROME RHONE	6 DROME VERCHENY	7 L'OUVEZE	8 LE ROUBION
pH à 20° C		6.4	7.3	7.6	7.I	7.7	7.7	7.7	7.6
Résistivité ⎍ x cm		I6 000	2 000	2 600	I 600	2 400	2 600	3 400	2 000
TA d° français	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
TAC d° français	mg/l	1,3	I0.8	I4	2	I5.3	I4.5	II.8	I6.6
Cl^-	mg/l	7.I5	22	I3.4	3.3	4.6	3.I	5.3	5.3
$SO_4^=$	mg/l	I.3	97	29	I0	30	32	24	73
P_2O_5	µg/l	< I00	380	< I00	< I00	< I00	< I00	< I00	< I00
F^-	µg/l	< I00	I80	I80	< I00	I00	< I00	< I00	I65
D.B.O.	µg/l	I.4	3	2.6	I.8	2.4	I.6	I.2	2.4
NH_4^+	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_3^-	mg/l	2.5	2.2	4.3	I.4	2.2	2.I	2.2	I.8
NO_2^-	mg/l	0	60	66	0	0	0	0	0
Ca^{++}	mg/l	5.9	7.9	66	5.9	62	56	5I	80
K^+	mg/l	0.6	I.4	I.9	0.9	I.2	0.9	I.5	2.3
Na^+	mg/l	4.3	I.3	7.7	3.8	5.2	3.9	3.5	9.8
Mg^{++}	mg/l	0.6	8.8	4.4	I.3	3.I	6.9	4.4	6.3
U	µg/l	0.78	2.5	I.8	0.3	I.I	I.I	I.4	I.4
Radioactivité β solubles en 10-9 µCi/ml		2.2 ± 22 %	2.2 ± 27%	2.7 ± 18 %	2.7 ± 20 %	2.4 ± 27%	I.5 ± 15 %	4.I ± 22 %	2.8 ± 26 %
Radioactivité β insolubles en 10-9 µCi/ml		N.S.	N.S.	I ± 34 %	N.S.	N.S.	0,7 ± 43 %	N.S.	2 ± 20 %

SILLON RHODANIEN

PRELEVEMENTS / ANALYSES		9 ESCOUTAY	I0 RHONE RN 86 J	II CD RD 59	I2 CD R1	I3 CD CV 02	I4 L'ARDECHE SAUZE	I5 LE LAUZON	I6 RHONE ST-ETIENNE	I7 L'AYGUES
pH à 20°.C		7.8	7.8	7.7	7.6	7.6	7.5	7.4	7.6	7.6
Résistivité Ω x cm		2200	2600	2800	2600	3000	6000	2200	3000	2400
TA d° français		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAC d° français		I4.2	I4	I3.7	I3.7	I3.7	8.2	I7	I3.2	I3.7
Cl^-	mg/l	6	II.7	I4.3	I4.I	I4.3	3.6	26	I2.3	5.7
$SO_4^=$	mg/l	48	37	38	4I	44	I7	52	36	66
P_2O_5	µg/l	< I00	2I0	230	260	3I0	< I00	3I0	320	< I00
F^-	µg/l	< I00	235	I80	I80	I80	< I00	3I5	200	I65
D.B.O.	mg/l	2	2.4	2.4	I.6	4.2	I.6	2	2.8	2.4
NH_4^+	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO_3^-	mg/l	3.I	2.7	3.9	3	3.2	2.I	7.3	2.8	2.2
NO_2^-	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca^{++}	mg/l	67	68	68	68	68	34	9I	64	63
K^+	mg/l	0.8	I.2	I.7	I.8	I.7	I	2.6	I.9	2
Na^+	mg/l	4.3	6.6	9.2	8.3	8.3	2.6	I0.7	7	I0.7
Mg^{++}	mg/l	5.6	4.4	5	5	5	3.I	5.6	5	8.I
U	µg/l	I.4	2.5	I.5	I.6	I.3	0.3	3.4	I.9	0.9
Radioactivité β solubles en 10^{-9} µCi/ml		2 ± 26 °/o	3 ± I8 °/o	4.8 ± I3 °/o	I.9 ±24°/o	I.9 ± 24°/o	2.2 ± I9 °/o	2.6 ± 24°/o	2 ± 23°/o	4 ± I9 °/o
Radioactivité β insolubles en 10^{-9} µCi/ml		N.S.	1,6 ± 23°/o	0,8 ± 4I °/o	2,6 ± I7°/o	N.S.	N.S.	N.S.	3,4 ± I4 °/o	N.S.



Le Bas Rhone

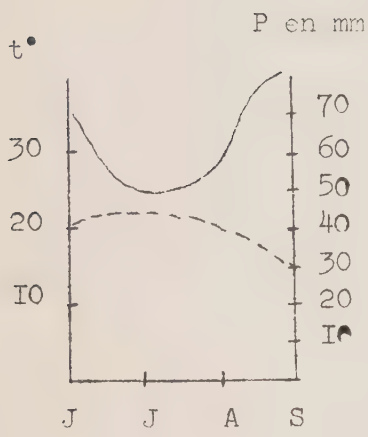
fig. 1

Legende.

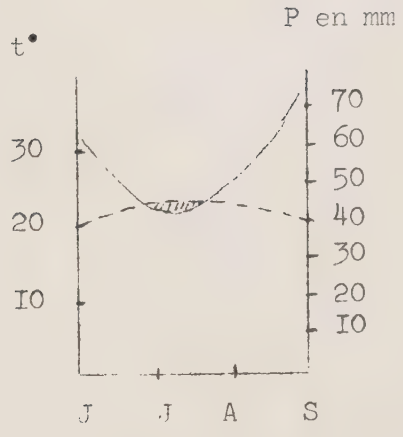
Quaternaire Tertiaire Secondaire

zone subalpine externe

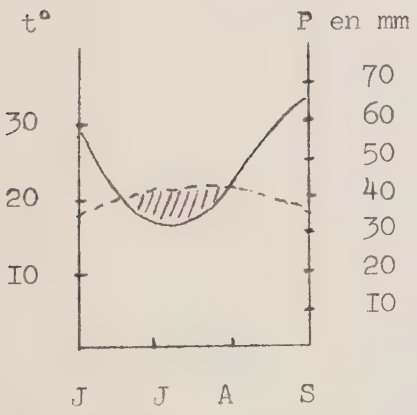
Socle cristallin



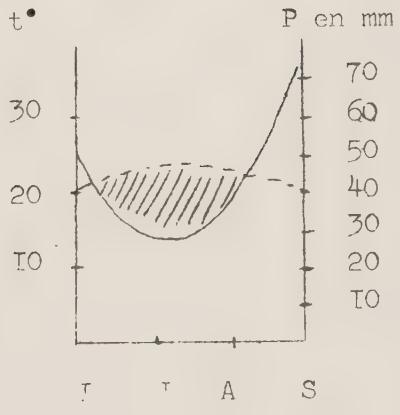
VALENCE



MONTELIMAR



PIERRELATTE
(1967)



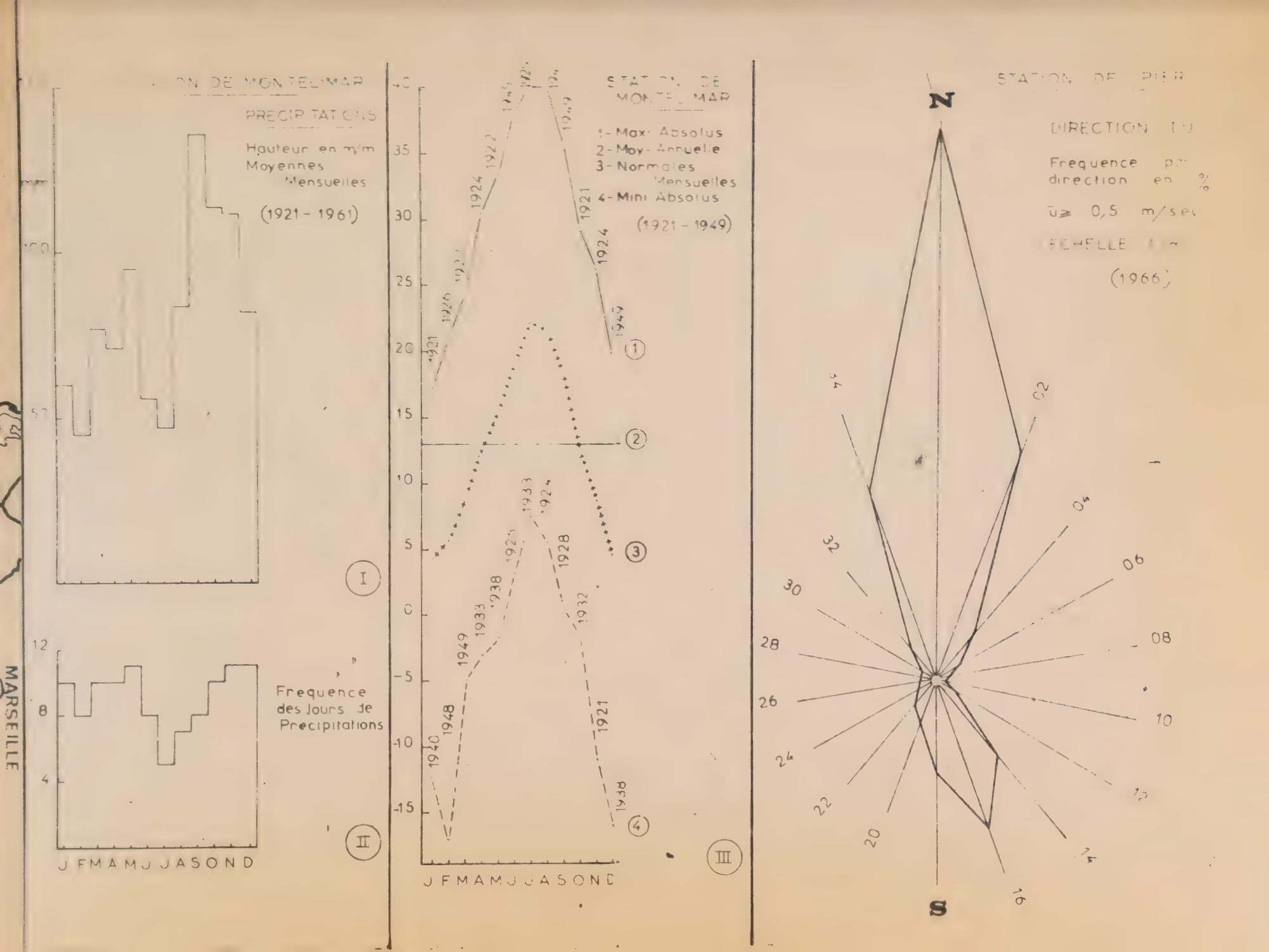
AVIGNON

FIG. 3

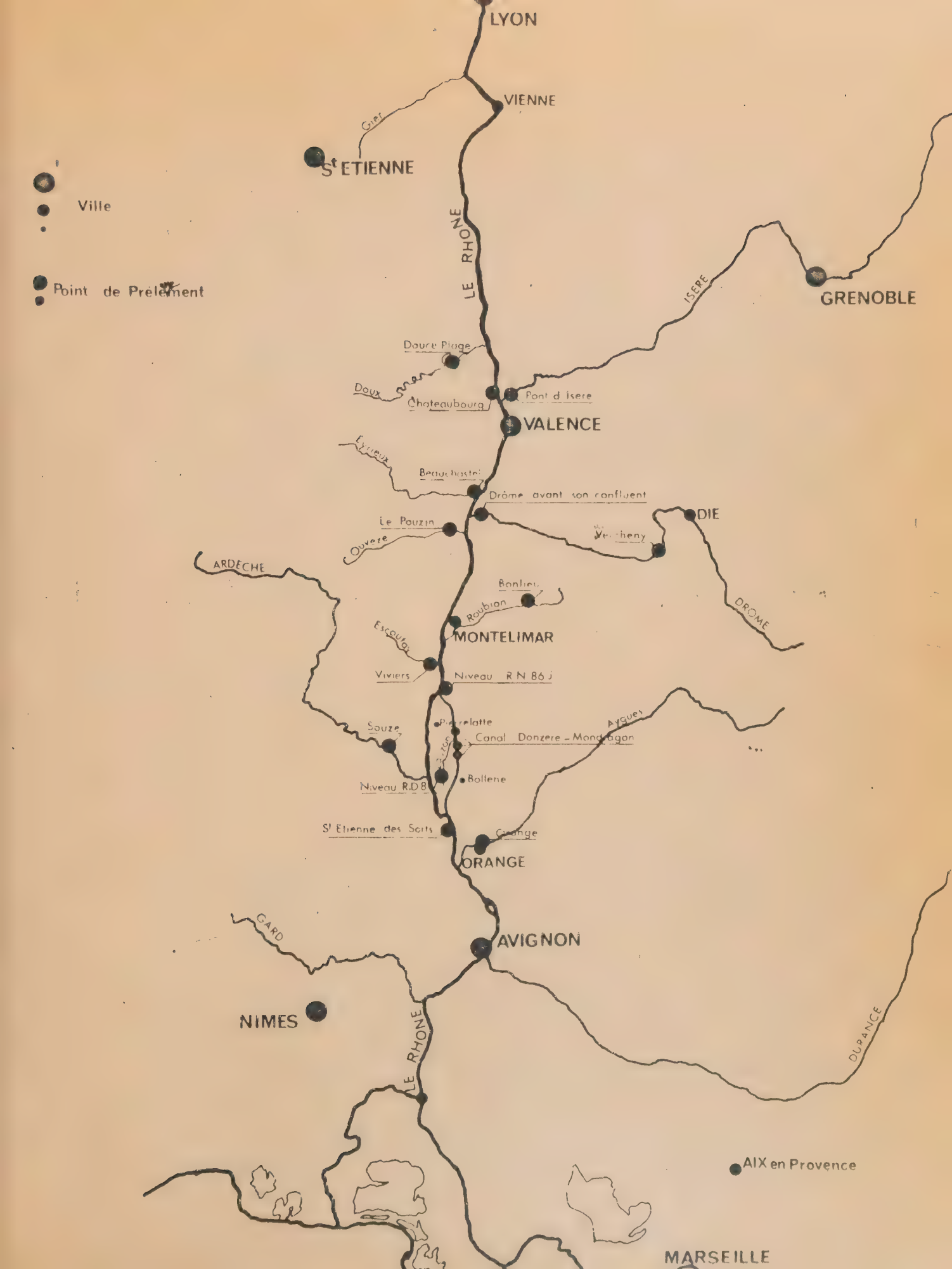
Courbes ombrothermiques pour la Vallée du Rhône :

- la courbe des précipitations (courbe ombrique) est en trait plein
- la courbe des températures (courbe thermique) est en tireté

L'échelle en mm est double de l'échelle en degrés C et la partie grisée du diagramme correspond à la période de sécheresse.



PRECIPITATIONS
Hauteur en m/m
Moyennes
Mensuelles
(1921 - 1961)
I
Frequence
des Jours de
Precipitations
II
J F M A M J J A S O N D
1- Maxi Absolus
2- Moy- Annuelle
3- Normales
Mensuelles
4- Mini Absolus
(1921 - 1949)
III
N
S
DIRECTION
Frequence
direction en %
(1966)
MARSEILLE


LYON
VIENNE
Gier
St ETIENNE
Ville
Point de Prélèvement
LE RHONE
ISERE
GRENOBLE
Doure Plage
Doux
Chateaubourg
Pont d Isere
VALENCE
Lyeux
Beauchastel
Drôme avant son confluent
DIE
Le Pouzin
Ouvèze
ARDECHE
Roubion
DROME
MONTELIMAR
Viviers
Niveau R N 86 J
Souze
Canal Donzere - Mondragon
Aygues
Niveau R D 8
Bollene
St Etienne des Sorts
ORANGE
GARD
AVIGNON
NIMES
LE RHONE
DURANCE
AIX en Provence
MARSEILLE

- C H A P I T R E II -

- DIFFERENTS TYPES DE POLLUTIONS -

Il y a plusieurs méthodes pour évaluer la pollution des cours d'eau par les substances chimiques contenues dans les effluents déversés par l'industrie.

Au premier chef figure l'analyse chimique qui donne des résultats indispensables, mais qui demande un réseau d'observations serrées et qui ne fait pas état dans certains cas des délicats équilibres biologiques, qui sont liés à de nombreuses variables, souvent difficiles à mettre en évidence avec l'appréciation exacte de leur importance.

C'est pourquoi, la détection chimique ou les comptages radioactifs doivent être complétés par des examens biologiques, suffisamment simples, mais cependant précis pour donner des interprétations nettes.

- INFLUENCE DE LA POLLUTION -

Une eau naturelle contient normalement de nombreux éléments chimiques :

- calcium, magnésium, fer, silice, soufre, phosphore, azote, oxygène, gaz carbonique, chlorures, phosphate, nitrates composés organiques, etc...

Les matières minérales proviennent de la dissolution des roches par les eaux de pluies, la composition des eaux de rivière dépend donc des terrains traversés, les matières organiques dissoutes sont issues de la décomposition, sous l'action des bactéries et champignons, de débris d'origine végétale ou animale : feuilles, cadavres d'animaux, etc...

Lorsque tous ces corps existent dans des proportions normales, ils sont favorables et même indispensables à la vie dans les eaux.

En effet, les algues les utilisent par chimiosynthèse ou photosynthèse et en forment leur substance.

Les algues servent à la nourriture d'une multitude de protozoaires et de petits métazoaires : crustacés, vers, larves d'insectes qui, eux constituent la nourriture des poissons.

.../

Lorsque ces éléments chimiques ou ces matières organiques sont en proportions beaucoup plus importantes, ils peuvent devenir toxiques pour la macrofaune, la microflore et même les poissons. Dans certains cas, il y a même introduction de substances n'existant pas dans les eaux, d'où pollution particulière (cyanures, chromates).

Un excès de matières organiques provoque des fermentations importantes, demandant de grosses quantités d'oxygène, entraînant l'asphyxie des poissons et leur disparition par création d'un milieu défavorable.

On distingue deux types de pollutions des cours d'eau :

- les pollutions aigües
- les pollutions chroniques

LES POLLUTIONS AIGUES -

Elles proviennent la plupart du temps de déversement accidentels d'effluents chimiques industriels libérant des toxiques minéraux, à la suite par exemple du mauvais fonctionnement d'une installation ou d'un manque de surveillance.

Les effets sont rapides et spectaculaires et on peut observer de très nombreux poissons morts, remontant à la surface et entraînés au fil de l'eau. Dès que la cause d'intoxication a cessé et que la dilution a fait son oeuvre, tout rentre dans l'ordre.

Parmi les corps chimiques susceptibles de créer des accidents de ce type, il faut signaler :

- les acides forts, les cyanures, chromates, chlore libre, ammoniaque, phénols, hydrogène sulfuré, soude, sulfure de sodium, anhydride sulfureux, etc...

LES POLLUTIONS CHRONIQUES -

Elles sont par le fait plus nuisibles que les précédentes, car leurs effets s'ajoutent et se superposent, s'aggravent dans le temps par une évolution lente et progressive, accessible seulement aux spécialistes.

Dans ces cas on observe une disparition du poisson, à l'aval des points de déversement des effluents, mais on ne constate pas de mortalité massive et l'analyse chimique montre que la dose minima mortelle n'est pas atteinte.

.../

A quoi est donc due cette disparition ? C'est l'observation biologique des eaux qui donnera la réponse.

En effet, dans une eau normale on trouve un ensemble d'organismes vivants divers : bactéries, algues, champignons, vers, larves d'insectes, crustacés, mollusques, poissons qui dépendent les uns des autres.

De même, les algues microscopiques (diatomées, protococcales cyanophycées) servent de nourriture à des petits animaux (mollusques, vers, insectes, crustacés) qui, eux constituent l'alimentation des poissons.

Si un des maillons de cette chaîne alimentaire est rompu, l'ensemble est déséquilibré et finalement les poissons disparaissent, ne trouvant plus leur nourriture.

Les déséquilibres peuvent provoquer un développement anarchique de bactéries et de champignons caractéristiques des eaux polluées (organiquement surtout) qui entraine une consommation exagérée d'oxygène et par là asphyxie des poissons, la disparition de la couverture biologique et des pontes.

Pour se rendre compte de l'évolution biologique d'un cours d'eau dans lequel on effectue des lâchers d'effluents, il faudra donc procéder à un inventaire des organismes existants, avant les déversements et ensuite suivre l'évolution éventuelle par des observations de même ordre, avant le point de rejet, au niveau du rejet et en aval. Cette méthode est basée sur la détermination d'algues microscopiques de protozoaires et métazoaires caractéristiques des eaux pures moyennement et fortement polluées.

Leur localisation forme :
- les ZONES DE SAPROBIES

.../

- C H A P I T R E III -

- DETERMINATION DES ZONES DE SAPROBIES -

Elles ont été étudiées et mises en évidence par KOLWICKZ et MARSON puis par la Station d'Hydrobiologie Continentale de l'I.N.R.A.

En amont du déversement et du point de rejet considéré on effectue un inventaire avec détermination microscopique des espèces.

A l'aval du point de rejet lorsqu'il y a pollution, on distingue plusieurs zones :

a) - Zone de polysaprobies :

Eau chargée en matières organiques ou minérales : présence de bactéries filamenteuses, Beggiatoa, Sphaerotilus, de champignons, Leptomitus, de flagellés, infusoires, vers Oligochètes (Tubifex), insectes (larves de chironomes ou d'Eristalis, algues bleues, Eugléniens, Paramécies).

b) - Zone de mésosaprobies α :

Moins polluée que la précédente : Tubifex, larves de chironomes, mollusques, larves d'insectes (Sialis).

c) - Zone de mésosaprobies β :

Les composés ammoniacaux sont transformés en nitrites et nitrates. On y trouve :

- des algues : Diatomées et Chlorophycées,

- des mollusques : Radix limosa, Physa fontinalis, Bythinia tentaculata.

d) - Zone de oligosaprobies :

Uniquement des matières minérales, formes sensibles à la pollution, caractéristiques des eaux à peu près pures.

- Exemple :

Gammarus pullex (crustacés), larves d'insecte (chironomes, Eristalis), mollusques : Planorbe, Sphaerium, limnea, Ancylusfluviatilis.

Chlorophycées : Draparnaldia
Rhodophycées : Batrachospermum
vers plats : Planaires

ALGUES DES ZONES NON POLLUEES -

Spirogyres

Cladophora

Batrachospermum

Diatomées : Asterionella, Fragilaria, Gyrosigma, Melosira, Synedra, Surirella, Navicula, Pinnularia, Cymatopleura, Gomphonema.

ALGUES DES ZONES POLLUEES OU SUSPECTES -

Protococcales : Actinastrum, Chlorella, Scenedesmus, Dictyosphaerium, Pediastrum, Tetraedron, Lagerheimia, Coelastrum, Kirchuerellia, Ankistrodesmus, Chodatella

Volvocales : Pandorina, Chlamydomonas

Euglèniens : Euglèna, Phacus.

ORGANISMES D'EAUX POLLUEES -

Bactéries : Sphaerotilus, Beggiatoa, Zoogloea, Chromatium

Infusoires : Amphileptus Claparedei, Carchesium Polypinum, Stentor, Colpidium, Paramecie, Chilodon.

Insectes : Larves de chironomes, larves d'Eristalis

Vers : Tubifex.

ANIMAUX D'EAUX MOYENNEMENT POLLUEES -

Crustacés : Aselle, Daphnie

Rotifères : Rotifer, Brachionus, Anuraea

Insectes : Larves de chironomes, larves de sialis

Vers : Glossosiphonia, Herpobdella

Mollusques : Planorbe, Sphaerium, Limnée

.../

ANIMAUX D'EAU PURE -

Larves	: Larves d'Ecdyurus, d'Ephemera vulgata, de Cloeon
Larves de plécoptères	: Perla
Larve de libellule	: Agrion
Larve de Trichoptères	: Larve de phrygane
Vers	: Planaria gonocephala
Mollusques	: Ancylus fluviatilis, Physa fontinalis
Crustacés	: Gammarus pullex et carinogammarus

.../

- C H A P I T R E IV -

APPLICATION DE LA METHODE DE CONTROLE HYDROBIOLOGIQUE AUX COURS D'EAUX INTERESSANT LA REGION DE PIERRELATTE

-:-:-:-:-:-:-

Les effluents chimiques résultant du fonctionnement de l'Usine de Séparation Isotopique sont déversés après traitements spéciaux et dilution éventuelle dans le canal de dérivation de DONZERE alimentant la Centrale Hydro-électrique André BLONDEL à BOLLENE. Cet axe artificiel prend l'eau légèrement en amont du village de DONZERE pour la rétrocéder au Rhône après turbinage en aval de MONDRAGON dans le Vaucluse

Afin d'éviter tous risques de pollution des eaux une installation spéciale de traitement des effluents a été mise en place, des normes de rejet fixées et une procédure de contrôle établie.

En effet les déversements du Centre sont règlementés par des textes et conventions officielles et étant donnée la sensibilisation de l'opinion publique vis-à-vis des problèmes et établissements "atomiques" ou chimiques, les organes de protection doivent apporter la preuve de l'inocuité des rejets effectués à l'extérieur.

Pour cela nous exploitons parallèlement deux possibilités:

- les méthodes chimiques
- les méthodes biologiques

Les méthodes chimiques comportent des prélèvements et des analyses à divers stades des traitements depuis les bassins jusqu'aux cours d'eaux où sont effectués les rejets. Les échantillons sont recueillis par le personnel de protection de l'Usine et analysés au laboratoire spécialisé du Centre pour ces questions (Laboratoire E.M.C.) où ils sont examinés et analysés suivant une procédure de contrôle bien déterminée. les résultats sont ensuite exploités, comparés aux normes fixées et l'autorisation d'évacuation accordée. Les échantillons de contrôle de rejet sont expédiés ensuite aux différents Services extérieurs suivant la règlementation établie.

Mais les analyses chimiques peuvent et doivent être complétées par une méthode biologique, qui permet un contrôle fin et une appréciation des conséquences. Les deux procédés sont d'ailleurs inséparables et doivent être exploités parallèlement.

La méthode hydrobiologique que nous avons choisie est une variante, une modification des zones de Saprobies de KOLWICKZ adaptée à notre cas particulier.

.../

En effet, ainsi que nous l'avons vu plus haut, cette méthode était surtout prévue pour apprécier les pollutions organiques alors que dans le cas particulier, c'est la question minérale qui est prédominante donc la délimitation exacte en zones caractéristiques est beaucoup plus difficile.

Le but de nos recherches a été d'essayer de déceler une influence éventuelle des substances rejetées sur les organismes vivant dans les eaux douces du Rhône, coulant dans le canal de Donzère à raison d'un débit moyen de I 500 m3 à la seconde, organismes qui constituent les maillons successifs de la chaine alimentaire aquatique limnicole.

Dans une hydrobiocénose on trouve plusieurs catégories d'organismes. Le plancton formé de zoo et du phytoplancton représente les organismes vivant "en suspension" dans les eaux ou se fixant sur les objets immergés

- le Benthos sessile ou vagile vivant sur les fonds

- le Necton formé des organismes de grande taille (poissons).

Dans un cours d'eau déterminé, ces matières vivantes végétales ou animales existent en équilibre caractéristique de la nature et de la composition des eaux.

Comme le Rhône est un fleuve qui reçoit tout le long de son cours de nombreux rejets organiques ou minéraux, il se trouve souvent pollué et ne peut être assimilé à une zone oligosaprobe.

Le schéma de notre étude a donc été le suivant :

1°) - Fixation de points d'observation fixes sur le canal de Donzère-Mondragon et sur la Gaffière.

Pour le canal : en amont du site au niveau du pont du CD 59, au niveau du point de rejet des effluents, au débouché de la canalisation enfin en aval au niveau du pont du CVO N° 2.

Pour la Gaffière : en amont, à l'entrée sur le site, en aval à la sortie (voir plans joints en annexe).

2°) - Inventaire des organismes végétaux et animaux vivant sur ces points (algues, crustacés, mollusques, infusoires, plécoptères, éphéméroptères, trichoptères, diptères, coléoptères aquatiques, poissons).

En ce qui concerne les animaux pas de difficultés sur la Gaffière, cours d'eau naturel, mais par contre, sur le canal en raison du régime hydrodynamique particulier, de la nature des berges goudronnées quelquefois recouvertes de mazout, l'inventaire zoologique n'est guère significatif.

.../

3°) - Observations continues d'organismes se développant dans tous les cas, effectuées par comparaison sur les mêmes bases aux points fixés avec exploitation graphique des résultats.

En raison de leur développement rapide de leur présence aussi bien dans les eaux du canal et de leur sensibilité aux toxiques minéraux, nous avons choisi comme test les algues microscopiques : cyanophycées, diatomées, chlorophycées, constituant le périphyton.

Par exemple sur le canal, pendant une période de durée rigoureusement identique, nous laissons coloniser par les algues des plaquettes immergées en amont, au point de rejet, en aval. Cette durée peut varier suivant les saisons en raison de la vitesse de colonisation qui est fonction de la température, mais pour les différents points elle doit être égale et s'accompagner de mesures thermométriques de l'eau.

Les plaquettes sont ensuite retirées et examinées au microscope afin d'identifier botaniquement les principales espèces et de calculer la densité au cm^2.

Ces algues, ainsi que nous avons pu le vérifier expérimentalement sont très sensibles à des doses très faibles de toxiques minéraux , ou à des variations de pH.

Celles qui sont le plus caractéristiques dans les eaux de la région et que nous avons choisies en conséquence pour l'exploitation statistique sont les suivantes :

- Navicula radiosa
- Navicula rhyncocephala
- Pinnularia viridis
- Diatoma vulgare
- Melosira varians
- Rhoicosphenia curvata
- Cocconéis
- Cymbella cistula
- Amphipleura pellucida
- Gomphonema geminatum
- Tabellaria floculosa
- Cymatopleura Solea

(Voir description en annexe : dessins)

.../

Dispositions pratiques pour la confection et l'immersion des lames -

Les lames choisies ont les dimensions des lames classiques pour microscopes, elles sont en matière plastique transparente et le quadrillage nécessaire au comptage est imprimé au moyen d'une presse spéciale dont l'existence nous a été révélée par les spécialistes de la Station Centrale d'Hydrobiologie de PARIS et du Conseil Supérieur de la Pêche. Le quadrillage a une surface de 1 cm^2 découpée en 400 carrés de plus petites dimensions, quatre carreaux représentant 1 mm^2. Chaque lame peut recevoir plusieurs impressions de manière à recouper les comptages et identifications.

Les lames d'observation ainsi préparées, portant un trou à chaque extrêmité peuvent être mises en place dans les cours d'eau choisis de deux façons différentes.

Dans les eaux calmes et tranquilles on les attache à un support extérieur au moyen d'un fil en nylon suffisamment résistant et on leste l'ensemble d'un poids en plomb. La profondeur d'immersion est calculée en fonction des éventuelles différences limnigraphiques, et doit être égale pour des lames devant être comparées.

Dans les eaux agitées avec courants variables, remous et objets flottants, le dispositif précédent n'est pas valable les lames étant souvent brisées et arrachées de leur câble. Pour éviter ces inconvénients, nous avons fabriqué un genre de "nasses" dont la partie centrale formant glissière reçoit les lames (avec alternance lame verre lame plastique pour apprécier les différences éventuelles de colonisation suivant la nature du support) l'ensemble est protégé par une armature en acier inox.

Ce dispositif est immergé à profondeur déterminée au moyen d'un ou deux câbles (un de positionnement, un de secours) dans un endroit d'accès difficile pour éviter les interventions et repéchages intempestifs des curieux. Dans notre cas particulier nous les amarrons aux piles des ponts et nous accédons au moyen d'une embarcation.

Récolte des lames -

Au moment choisi les lames sont retirées de l'eau et placées immédiatement dans un récipient spécial en matière plastique translucide avec emplacements à glissières, repérables, contenant l'eau où les algues se sont développées.

Elles sont ensuite transportées rapidement en Laboratoire où les identifications et comptages sont pratiqués. De la sorte, aucune modification importante du peuplement du périphyton ne peut se produire avant l'exploitation de la lame.

.../

Ainsi par cette méthode les oscillations d'intensité de la colonisation des lamelles par les éléments du périphyton apportent des données numériques permettant d'évaluer le degré de pollution comparatif entre amont et aval.

- C H A P I T R E V -

CARACTERES GENERAUX DES ALGUES ET SYSTEMATIQUE

On groupe sous le nom d'algues des organismes nombreux différant les uns des autres morphologiquement ou d'après leur façon de vivre. Contrairement à ce que l'on pense couramment les algues ne vivent pas uniquement dans les milieux aquatiques, mais également dans d'autres conditions.

Pour les caractériser on peut dire que les algues sont des végétaux autotrophes en raison de la présence de chlorophylle.

Ce sont des eucaryotes ou des protocaryotes comme les cyanophycées. Nous donnons plus loin en annexe une classification des organismes groupés sous le nom d'algues.

CARACTERES CYTOLOGIQUES -

Une cellule d'algue est entourée d'une membrane composée essentiellement de cellulose et matières pectiques. A l'intérieur on trouve le protoplasme, matière vivante contenant un chloroplaste avec pyrénoïde. Les mitochondries sont disposées le plupart du temps autour du plaste contre la paroi. Le noyau est entouré de l'appareil de Golgi. Des vacuoles existent également sous forme d'enclaves cytoplasmiques, et peuvent quelquefois être pulsatives.

Ce schéma est celui que l'on rencontre le plus souvent certaines espèces cependant possèdent des constituants cellulaires supplémentaires.

Enfin chez d'autres (par exemple les chlamydomonas) des flagelles forment l'appareil cinétique.

REPRODUCTION DES ALGUES -

On trouve dans ce groupe végétal des exemples de reproduction asexuée et de reproduction sexuée c'est cependant cette seconde forme qui est la plus fréquente ; les deux peuvent également coexister.

REPRODUCTION ASEXUEE -

Elle se produit lorsqu'il y a parthénogénèse c'est-à-dire lorsque les gamètes donnent, sans copulation, une lignée végétale nouvelle : c'est l'aposporie.

.../

Dans d'autres cas il y a formation de spores sans meiose qui donnent un sporophyte diploïde : c'est l'apomeiose.

Dans les algues unicellulaires, la reproduction asexuée par bipartition ou fragmentation avec quelquefois formation de formes résistantes : les kystes.

REPRODUCTION SEXUEE -

On peut représenter schématiquement un cycle reproductif d'une algue de la manière suivante (algue pluricellulaire).

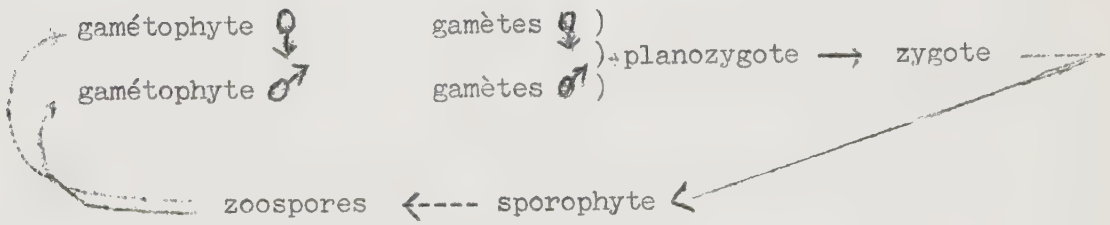
A une période donnée, certaines algues se différencient des autres par une couleur particulière de leurs tissus et transforment le contenu de quelques cellules en cellules reproductrices mâles et femelles.

Ces individus fertiles représentent les "gametophytes" quant aux gamètes libérées dans l'eau, ils nagent, se réunissent et copulent pour donner un oeuf flagellé ou planozygote.

Au bout de quelque temps cet oeuf s'immobilise, se fixe sur le substrat et se développe progressivement pour donner une algue semblable apparemment à celles qui ont donné naissance aux gamètes.

Cette forme adulte ne donnera pas cependant à son tour, des cellules reproductrices, mais des zoospores qui a leur tour donneront le gamétophyte.

Le schéma est donc le suivant :



Il existe chez les algues des variantes de ce schéma de reproduction et à cet effet on distingue :

- Gamètes mâles et femelles identiques ——— iso...mie
- Gamètes mâles et femelles de taille différente ——— anisogamie
- Gamètes mobiles par flagelles ——— Planogamie

.../

- Gamètes mâle mobile et femelle immobile ——————→ Oogamie

- Fusion complète des Gamétocystes mâles et femelles ——→ Cystogamie
  Dans ce cas il n'y a pas de Gamètes individualisés.

	EMBRANCHEMENTS	CLASSES	ORDRES (GENRES)
PROTOCARYOTES	Cyanophycées ou Algues Bleue		- Chroococcales - Chamaesiphonales - Hormogonales
EUCARYOTES (Algues vraies)	- RHODOPHYTES	RHODOPHYCEES	(Rhodyméniales-Cryptonémiales-Céramiales-Gélidiales (Gigartinales-Achrochaetiales
	- PYRROPHYCOPHYTES	(DINOPHYCEES	(Gymnodiniales-Dinophysales-Peridiniales (Dinococcales-Dinocapsales-Rhyzodiniales
		(CRYPTOPHYCEES	(cryptomonas
		(EUGLENOPHYCEES	(- Euglena - Trachelomonas
	- CHRYSOPHYCOPHYTES	(CHRYSOPHYCEES	(Chrysomonadales-Chrysosphaerales
		(XANTHOPHYCEES	(Heterochloridales-Xanthococcales-Vaucheriales (Xanthocapsales-Xanthotrichales
		(BACILLARIOPHYCEES (Diatomées)	(Mélosira-Coscinodiscus-Rhizosolenia (Centrales : Biddulphia-Bacteriastrum-Chaetoceras (Pennales : Asterionella-Cocconeis-Navicula (Pinnularia-Pleurosigma-Nitzchiella (Cymbella-Surirella
	- PHEOPHYCOPHYTES	(PHEOPHYCEES	(Ectocarpales-Tilopteridales-Sphacelariales-Cutlériales (Dictyotales-Chordariales-Laminariales-Eucales
	- CHLOROPHYCOPHYTES	(CHLOROPHYCEES	(Volvocales-Chlorococcales-Prasiolales-Ulotrichales (Sphaeropheales-Acrosiphoniales-Aedogoniales (Siphonocladales-Derbesiales-Codiales-Dasycladales
		(ZYGOPHYCEES	(Zygnemales-Desmidiales
		(CHAROPHYCEES	(Characéées

- CHAPITRE VI -

ESSAIS TOXICOLOGIQUES EFFECTUES SUR DES ALGUES DU PERIPHYTON

- ETUDE EXPERIMENTALE SUR LA TOXICITE DE L'URANIUM ET DU FLUOR VIS-A-VIS DES ALGUES DU PERIPHYTON -

De façon à mettre en évidence la sensibilité des algues sur lesquelles ont porté les essais objet de ce travail vis-à-vis de certains toxiques nous intéressant pratiquement nous avons réalisé une étude expérimentale.

Nous avons testé la résistance des algues microscopiques à divers toxiques (U et F^-) en vue d'établir la valeur de ces organismes en tant qu'indicateur de pollution. A cette fin nous les avons soumises à des concentrations variables d'Uranium et de Fluor. Pour ne pas introduire d'autres facteurs susceptibles d'influencer la survie de ces organismes, nous avons utilisé comme milieu de culture l'eau du canal où elles prolifèrent normalement. Les essais ont été conduits avec des temps d'immersion différents pour mettre en évidence la rapidité de la réponse.

- MATERIEL ET METHODE -

Les concentrations utilisées sont les suivantes :

- Uranium (sous forme de nitrate d'uranyle) :
  - 1 mg/l
  - 0,5 mg/l
  - 0,1 mg/l
- Fluor :
  - 500 mg/l
  - 100 mg/l
  - 40 mg/l
- Témoin :
  - Eau du Canal

On verse un litre de chaque solution dans un grand bécher o on peut suspendre les lames abritant les cultures d'algues sans aucun contact entre elles ni avec les parois du récipient. On laisse les béchers relativement à l'ombre et à la température du laboratoire. Les observations ont lieu après 24, 48 et 80 h.

.../

- RESULTATS -

1°) - Après 24 h :

Les algues de la culture témoin n'ont apparemment pas souffert de leur transfert Les espèces mobiles n'ont rien perdu de leur mobilité (Navicula, Synedra, Cymbella en particulier). L'aspect extérieur des individus ne montre aucun signe de nécrose. Il n'en est pas de même pour les lames ayant été transférées dans la solution de nitrate d'uranyle à 1 mg/l. On peut noter en première observation l'immobilité totale de la culture. Un examen plus détaillé permet de mettre en évidence des signes de nécrose chez la plupart des individus : cytoplasme contracté au centre de la cellule, décoloration des algues bleu-vert (Oscillatoria). Mais toutes les algues ne semblent pas avoir également souffert. En particulier les Coleochoeta, Cosmarium, et Melosira apparaissent relativement moins affectées.

Par contre les lames soumises à des concentrations en Uranium inférieures à 1 mg/l (0,5 et 0,1 mg/l) sont beaucoup moins perturbées. En particulier la plupart des Navicula sont mobiles (quoique plus faiblement que dans la culture témoin) et les cellules ne présentent aucun signe de dégénérescence.

En ce qui concerne les solutions fluorées, les faibles concentrations utilisées (40 et 100 mg/l) n'affectent pas sensiblement la survie des cellules. Le seul résultat notable est observé avec la solution à 500 mg/l où la mobilité des cellules est considérablement réduite et où un certain nombre d'organismes semblent morts, mais ces teneurs n'offrent aucun intérêt pratique.

2°) - Après 48 h :

Dans le bac de culture témoin, les espèces mobiles (Navicula, Synedra, Gyrosigma, Cymbella) ne se déplacent plus qu'avec lenteur, mais ces mouvements lents et de faible amplitude sont effectués par toutes les cellules. Il n'y a que très peu d'individus morts comme le confirme un examen plus détaillé : cytoplasme et coloration sont inchangés.

Les cultures soumises à la plus forte concentration d'Uranium ne montrent plus que des individus morts, à cytoplasme considérablement nécrosés, voire même des frustules vides. La toxicité de l'uranium est moins évidente à des teneurs plus faibles. On ne note d'ailleurs que peu de différences entre les concentrations de 0,1 et 0,5 mg/l : bien que ne présentant plus aucune mobilité la plupart des individus sont intacts.

La toxicité du fluor n'apparaît qu'à partir de la concentration de 500 mg/l. En deça les lames de culture semblent normalement colonisées : aucun signe de nécrose n'est apparent, mais la mobilité est assez réduite. Les cultures contenues dans les bacs où la teneur en fluor atteint 500 mg/l sont beaucoup plus affectées : la mobilité est nulle, et de nombreuses cellules sont mortes.

.../

3°) - Après 80 h :

Après trois jours de cultures en laboratoire, les cellules des lames témoins sont toujours intactes bien que leur mobilité soit très peu importante. Il en est de même pour les lames soumises à la concentration d'Uranium de 0,1 mg/l. Par contre, à la concentration de 1 mg/l on ne peut plus observer que des frustules vides et décolorées. Cette observation s'applique également aux lames immergées dans le fluor à 500 mg/l : tout est mort, vide, décoloré, tandis que dans le fluor à 40 mg/l les cellules ont un aspect à peu près semblable à celui des cellules du témoin.

- CONCLUSION -

Il ressort de cette série d'observations que l'Uranium à la concentration de 1 mg/l est la limite de toxicité pour les algues microscopiques. Cette toxicité est manifeste au bout de 24 h. Les concentrations inférieures n'ont qu'un effet limité même au bout de plusieurs jours.

Le fluor à raison de 500 mg/l est également toxique mais les cellules se nécrosent plus lentement. Il faut 48 h avant qu'une dégradation sensible apparaisse dans les cellules. Les concentrations plus faibles ne semblent pas avoir une influence notable sur le comportement et la survie des cellules au moins pendant le temps qu'ont duré les expériences.

.../

- CHAPITRE VII -

ESSAI D'UNE APPLICATION DE L'ECOLOGIE DES ALGUES MICROSCOPIQUES A LA DETECTION DE LA POLLUTION DES EAUX

-:-:-:-:-

RESULTATS DE PLUSIEURS CAMPAGNES D'OBSERVATIONS

- RESULTATS 1964 -

N'ayant porté que sur quatre séries d'expériences avec quelques interruptions d'ordre technologique, cette étude du développement des algues sur un support immergé n'est évidemment pas complète, mais les premiers résultats sont néanmoins encourageants et laissent bien augurer de la valeur de la méthode.

Car c'est un fait que cette technique est relativement "neuve" : mise au point par KOLWICKZ, tour à tour abandonnée puis redécouverte, nous essayons de l'utiliser sur le plan industriel, non plus dans un but seulement scientifique, mais à des fins de contrôles systématiques et rigoureux, non plus pour en tirer uniquement des enseignements écologiques, mais pour adapter ces derniers aux problèmes si délicats de la pollution des cours d'eau.

En mettant au point l'application pratique d'une variante de cette méthode, nous avons obéi à deux mobiles, complémentaires d'ailleurs :

- d'une part apporter notre contribution à la lutte contre la pollution des eaux, contribution basée sur l'enquête écologique dans le but de déceler la pollution chronique. Cette pollution dont l'importance n'échappe à personne est très délicate à mettre en évidence puisqu'elle se manifeste par une intoxication très lente, un empoisonnement à longue échéance, se traduisant par des lésions, des nécroses et finalement par la disparition de ces individus très sensibles que sont les algues, constituant le premier maillon trophique de la chaîne limnique,

- quant à l'autre mobile, c'est la connaissance exacte de l'influence ou de l'absence d'influence des rejets, dans le cadre de la surveillance des effluents de l'établissement industriel considéré.

.../

- OBSERVATIONS ECOLOGIQUES -

1°) - LES FACTEURS LIMITANTS -

a) - Température de l'eau :

Pour une telle étude, l'idéal eut été d'immerger les lames pendant le même temps : mais on s'aperçut vite que cela était difficile, car si une immersion de trois semaines à un mois est valable pendant les mois froids de l'année, elle ne l'est plus en été, les lames devenant alors illisibles car trop colonisées.

D'où ce facteur limitant qu'est la température et dont il faut tenir compte à priori ce qui nous oblige à faire varier légèrement les durées d'immersion des lames au cours de l'année : ainsi au mois d'Octobre, la température est passée graduellement de 20° au début du mois à 12°5 le 23 puis à 9° le 26 Octobre ; cette diminution a pour effet immédiat de ralentir les échanges cellulaires et la multiplication des algues, d'où une colonisation moindre de nos lames. Il devient alors évident que l'immersion de 7 jours du début du mois, ne sera plus suffisante à la fin de ce même mois. Pour bien connaître les variations thermiques de l'eau du Rhône nous avons installé un thermographe enregistreur fonctionnant en permanence.

b) - Les autres facteurs limitants :

Mais dès l'instant où l'on considère une période bien précise et non plus une colonisation générale la température cesse d'être un facteur limitant. Car ce qui nous intéresse c'est la densité ou la fréquence relative des différentes espèces ou associations pour une période donnée.

Dès lors, les facteurs limitants sont de deux sortes :

- vitesse du courant et variations du niveau du canal.

La vitesse du canal de l'ordre de 1 m/sec au niveau de notre point de contrôle amont, diminue graduellement jusqu'au point de contrôle aval, du fait de la présence du barrage de l'Usine Electrique André BIONDEL. Cette diminution n'est pas négligeable à l'échelle des algues microscopiques dont l'implantation sur un support immergé est fonction de la vitesse du courant.

Les lames étant normalement immergées à une profondeur de 20 cm, les variations de niveau parfois importantes influenceront la colonisation des lames et pourront aller même jusqu'à exonder complètement les nasses. Mais l'adjonction de petites bouées au câble qui retient les nasses devait éliminer ces variations et au cours de la dernière année un dispositif plus élaboré a permis de supprimer cet inconvénient.

.../

2°) - RESULTATS OBTENUS -

a) - Caractères généraux :

En prenant un point de contrôle amont suffisamment éloigné du point de rejet des effluents, on obtient une base de référence pour l'examen des lames, si bien qu'il suffit d'enregistrer les résultats de chacune des stations et de les comparer pour suivre l'évolution hydrobiologique du fleuve. Les facteurs limitants physiques étant les mêmes pour les trois stations, les deux extrêmes n'étant distantes que de 4 700 m, l'influence éventuelle des effluents devrait nous être donnée à partir du point de rejet.

Cela se passerait ainsi, si le Rhône était un fleuve "sain", non pollué, ce qui n'est pas toujours le cas : d'où des précautions à prendre lors d'un jugement, le point de référence devant être pris en valeur relative.

Et si en théorie on devait obtenir les mêmes populations aux différents points de contrôle, populations composées des mêmes individus, lesquels seraient groupés en associations identiques, l'expérience montre qu'il n'en est pas toujours ainsi, car l'examen des lames montre :

- d'une part, une répartition très limitée des algues filamenteuses, absentes en amont (influence de la diminution de vitesse du courant,

- d'autre part, des variations parfois considérables, dans la répartition des diatomées, des desmidiées, des cyanophycées.

b) - Inventaire des diatomées :

Extrêmement abondantes aux différents points de contrôle les diatomées constituent l'élément prédominant du périphyton, puisque représentant à peu près 92 °/₀ d'individus colonisateurs.

Plus de 30 espèces ont été déterminées, certaines se retrouvant de façon très régulière, d'autres seulement par intermittence ou presque par accident (Caloneis amphisbaena, Gomphonema acuminatum, etc...).

Les espèces que l'on rencontre régulièrement ne se trouvent pas d'ailleurs avec la même fréquence ; et il suffit de regarder les graphiques pour se rendre compte de l'importance relative des différentes espèces les unes par rapport aux autres : ainsi, pour la période d'immersion allant du 25 Juillet au 5 Août 1964 on a pu noter en amont, les chiffres suivants :

- Diatoma vulgare : 17 600 individus par cm^2
- Diatoma elongatum : 3 800 " "
- Synedra ulna : 154 " "
- Cymatopleura solea : 4 " "

.../

En comparant les résultats numériques de chaque espèce, on s'aperçoit alors que l'espèce la plus abondante est Diatoma vulgare, puis on trouve successivement :

- Melosira varians, Navicula radiosa, Navicula rhyncocephala, Synedra ulna, etc...

L'examen de ces mêmes graphiques apporte également la preuve de ce qui a été dit dans les caractères généraux : on observe en effet une similitude des courbes relatives aux différentes stations, courbes sinon parallèles, du moins très proches, avec toutefois un décalage généralement vérifié pour chaque immersion, l'aval étant souvent plus peuplé par une même espèce que l'amont, le point de rejet servant d'intermédiaire.

On assiste donc, pour la portion du canal étudiée, à une augmentation assez sensible du nombre d'individus de la même espèce, au fur et à mesure que l'on descend vers le Sud.

Ce fait trouve peut-être son explication dans une diminution de la vitesse du courant, plus faible en aval qu'en amont. »

Il faut également remarquer qu'il ne s'agit pas là d'une règle générale, car on peut assister à des chevauchements et des recoupements de courbes, ainsi qu'à des inversions : c'est le cas de Diatoma vulgare dont le tracé est anarchique par rapport à celui des autres diatomées, le gradient d'augmentation du nombre d'individus du Nord vers le Sud étant alors inversé.

D'autre part certains effluents contenant des quantités limitées de nitrates et de phosphates notamment, doivent avoir une influence favorable sur le développement des algues à condition qu'ils ne soient pas associés à des toxiques.

L'examen des différents graphiques montre d'autre part que chacune des espèces étudiées a atteint son maximum d'intensité au cours de Juillet-Août, ce qui est normal, les eaux étant à ce moment les plus basses et les plus chaudes.

Par contre, il faudrait peut-être s'inquiéter de cette chute observée au cours du mois d'Août, chute ayant affecté les différentes espèces, et ce, aux trois stations : certaines, telles Gomphonema, Rhoicosphenia curvata, Cymatopleura solea, Nitzschia

.../

gracilis sont absentes à cette époque, alors que d'autres ont vu leur nombre diminuer considérablement. Ainsi par exemple pour la station Nord :

IMMERSION ESPECES	25.7 au 5.8.64	5.8 au I2.8.64
Cocconeis	8 000 par cm^2	0
Melosira varians	supérieur à I00 000	720
Diatoma vulgare	I7 600	3I
D. elongatum	3 800	I44
Rhoicosphenia curvata	800	0

La température de l'eau ayant été constante à cette époque (24 - 25°), les durées des immersions à peu de chose près les mêmes, on ne peut trouver l'explication d'une telle chute que dans un accident qui serait intervenu pendant la période du 5 au I2 Août. Et comme cette chute s'est manifestée aussi bien en amont qu'en aval, il faut conclure à une pollution générale du Rhône, temporaire certes puisque certaines espèces se sont bien reprises et ont bien surmonté cette crise passagère, mais néanmoins réelle puisque toutes les espèces furent atteintes et que certaines ont eu du mal à recouvrer leur équilibre.

Cette justification du bien-fondé de la méthode, nous l'avons également observée dans la Gaffière, ce petit cours d'eau qui traverse le Site est alimenté pour une grande partie par les eaux pluviales de notre Bassin Tampon. Nous avons été en effet, les témoins d'un déversement accidentel de chaux dans le réseau d'eaux pluviales du Site, et malgré les précautions prises, cette chaux a affecté gravement le périphyton en augmentant le pH des eaux de la Gaffière : alors que les lames, témoins du Nord se peuplaient normalement, celles du Sud étaient biologiquement vides, ainsi que le montrent les résultats de l'immersion du Ier au I0 Juillet I964.

.../

Diatomées -	NORD	SUD
Navicula radiosa	8 500	0
N. rhyncocephala	I 200	0
N. hungarina	850	0
Cocconeis	I00 000	83
Diatoma vulgare	I6 000	0
Melosira varians	3I0	2
Cymatopleura solea	4	0
Gomphonema geminatum	I 400	0
Cymbella cistula	2 300	0

Algues filamenteuses -		
Oedogonium	I60	0
Ulothrix zonata	4	0
Mougeotia scalaris	24	0

Desmidiées -		
Closterium moniliferum	I54	0
Cosmarium punctuatum	2	0

En I967 nous avons réalisé sur ce cours d'eau une expérience relatée plus loin qui démontre la sensibilité des populations phytoplanctoniques.

.../

c) - Algues filamenteuses :

Très nettement inférieures en nombre aux diatomées les algues filamenteuses n'en constituant pas moins un élément important du périphyton.

Ces algues ne sont représentées que par six genres :

- Oedogonium, Chaetophora, Ulothrix, Vaucheria, Spirogyra et Mougeotia

les deux premiers étant les plus fréquents et les seuls retrouvés de façon régulière.

Le caractère essentiel manifesté par ces algues réside dans leur répartition : en examinant les résultats numériques, on constate en effet qu'elles sont pratiquement absentes en amont et seulement représentées en aval et au point de rejet, ce dernier étant le plus peuplé par cette catégorie d'algues ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

Nbre d'individus par cm2	5-12/8/64			12-19/8/64			19-26/8/64			26/8 - 9/9		
	N	R	S	N	R	S	N	R	S	N	R	S
Oedogonium	-	210	150	-	37	74	2	87	-	-	41	-
Ulothrix zonata	-	54	12	-	9	3	-	-	24	-	-	-
Vaucheria	-	12	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-
Chaetophora	-	340	27	-	75	24	2	43	-	-	79	2
Spirogyra	-	17	5	-	3	-	-	-	-	-	1	-
Mongeotia	-	24	6	-	4	11	19	7	7	-	4	7
TOTAL	0	657	200	0	129	112	23	137	31	0	127	9

Il semblerait donc intéressant de suivre l'évolution de ces algues filamenteuses, d'autant plus que des différences assez marquées se manifestent entre les points aval et de rejet, différences concernant Oedogonium et Choetophora :

- Oedogonium est généralement constituée, au point de rejet, par des filaments bien developpés dépassant la centaine de cellules, alors qu'en aval ces mêmes filaments d'Oedogonium ne sont constitués que de 3 à 5 cellules, rarement plus.

.../

Quant à Chaetophora, son thalle, généralement prostré et circulaire en aval, voit au point de rejet ce même thalle prolongé par des rameaux étroits, effilés à leur extrêmité.

Cette différence morphologique des algues filamenteuses entre le point de rejet et l'aval est difficile à expliquer.

Elle pourrait être due à deux faits :

1°) - au point de rejet les mesures sont faites plus au bord donc à un endroit ou la température moyenne est légèrement plus élevée et le courant moins rapide,

2°) - il n'est pas exclu que la minéralisation supplémentaire apportée par les effluents à ce point ont une influence favorable sur le développement des algues filamenteuses.

.../

ALGUES DU PERIPHYTON IDENTIFIEES EN 1964

1°) - DIATOMEES -

- Navicula radiosa (Kg)
- N. rhyncocephala (Kütz)
- N. hungarina (Grün.)
- N. humerosa (Breb)
- N. nobilis (Ehr)
- Cocconeis pediculus (Ehr)
- Melosira varians (Ag.)
- Pinnularia viridis (Ehr)
- Nitzschia gracilis (Hantzsch)
- Diatoma vulgare (Bory)
- D. elongatum (Ag)
- Synedra ulna (Nitzsch)
- Synedra radians (Kütz)
- Gyrosigma attenuatum (Kg)
- Gomphonema acuminatum (Ehr)
- G. constrictum (Ehr)
- G. geminatum (Ag)
- Cymatopleura solea (Breb)
- Cymatopleura elliptica (Breb)
- Rhoicosphenia curvata (Kg)
- Fragilaria virescens (Ralfs)
- Tabellaria fenestrata (Kg)
- Cymbella cistula (Kg)
- Cymbella lanceolata (Ehr)
- Cymbella cuspidata (Kg)
- Amphipleura pellucida (Kg)
- Pleurosigma (W. Sm)
- Asterionella formosa (Hass.)
- Caloneis silicula (Ehr)
- Caloneis amphisbaena (Bory)
- Amphora ovalis (Kütz)

2°) - ALGUES FILAMENTEUSES -

- Oedogonium (Link)
- Ulothrix zonata (Kütz)
- Mougeotia (Agardh)
- Mougeotia scalaris
- Chaetophora (Schrank)
- Spirogyra (Lagerheim)

3°) - CYANOPHYCEES -

- Oscillatoria (Vaucher)
- Oscillatoria limosa (Ag)
- Merismopedia (Meyen)

4°) - DESMIDIEES -

- Closterium moniliferum (Ehr)
- Cosmarium circulare (Reinsch)
- Cosmarium punctulatum (Nordst.)
- Cosmarium protractum (Näg.)
- Euastrum elegans (Breb)
- Micrasterias crux-melitensis (Ehr)
- Staurastrum tetracerum (Kg)

5°) - TETRASPORALES ET PROTOCOCCALES -

- Pediastrum Boryanum (Turp.)
- Pediastrum biradiatum (Meyen)
- Scenedesmus quadricauda (Chod.)
- Scenedesmus sp.

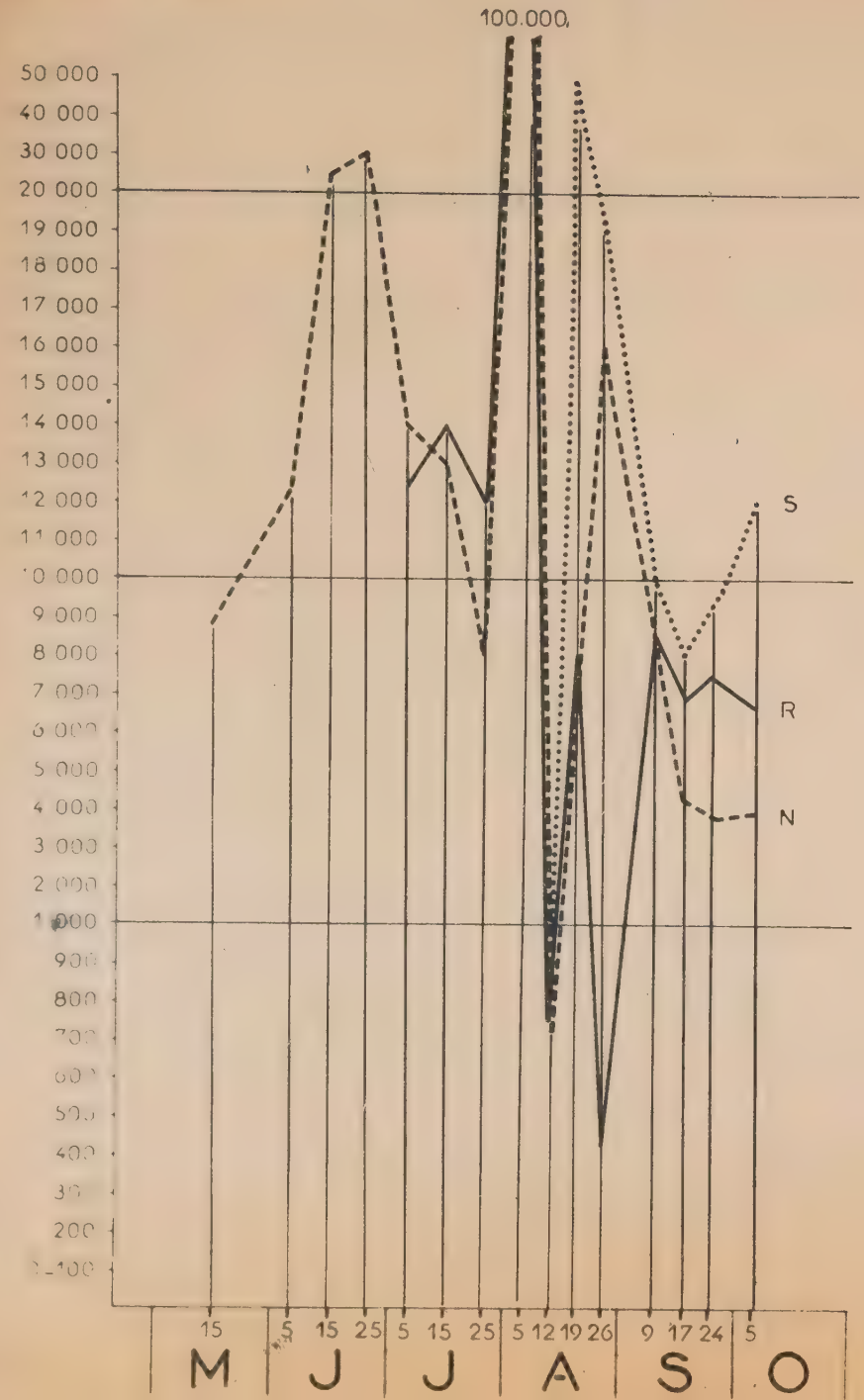
NOMBRE DE DIATOMEES PAR CENTIMETRES CARRES AU COURS DES DIFFERENTES IMMERSIONS - 1964 -

		5 au 15.6	15 au 25.6	25.6 au 5.7	5 au 17.7	15 au 25.7	25.7 au 5.8	5 au 12.8	12 au 19.8	19 au 26.8	26.8 au 9.9	9 au 17.9	17 au 24.9	24.9 au 5.10
Navicula radiosa	N	27 600	12 800	12 000	8 000	8 500	8 000	3 200	-	8 000	1 200	650	634	648
	R			12 000	11 000	12 000	9 600	6 400	10 400	8 400	1 650	584	853	712
	S			+	100 000	-	-	-	8 800	8 750	6 400	1 150	1 200	1 050
Navicula Rhyncocephala	N	3 200	1 200	-	3 000	5 600	5 900	4 900	-	11 200	7 800	470	89	150
	R			3 600	6 500	6 400	6 700	9 200	10 300	12 200	12 800	252	284	234
	S			-	9 700	7 800	-	5 700	4 800	235	12 000	452	508	492
Cocconeis	N	16 000	8 800	2 500	2 600	2 400	8 000	0	-	-	-	215	154	125
	R			5 500	6 200	6 000	8 000	6 700	3 200	54	325	223	232	254
	S			+	500 000	-	-	-	-	248	450	725	275	394
Melosira varians	N	24 600	30 000	14 000	13 000	8 000	100 000	720	-	16 000	8 500	4 200	3 900	3 900
	R			12 400	14 000	12 000	100 000	750	8 000	426	8 500	6 880	7 500	6 700
	S				500 000	-	-	980	48 000	19 000	10 000	8 000	9 400	12 000
Diatoma vulgare	N	5 400	10 400	7 000	6 800	7 200	17 600	31	-	240 000	5 080	402	1 686	1 254
	R			3 500	5 000	15 000	25 800	21	98	19	36	392	879	813
	S					-	-	212	393	273	134	143	112	132
Diatoma elongatum	N					440	3 800	144	-	-	124	21	378	380
	R					950	-	165	104	-	55	282	235	242
	S					-	-	150	145	-	325	129	667	650
Rhoicosphenia curvata	N	6 800	7 200	-	1 000	1 200	8 000	-	-	62	1	-	73	28
	R			4 800	2 000	2 000	6 500	-	-	7	4	-	12	25
	S									7	-	3	8	32
Gomphonema geminatum	N	1 600									-		4	
	R			1 200							5		3	
	S										-		-	
Synedra ulna	N				2 400	2 400	154	125	-	6 400	6 400	354	450	528
	R				3 800	5 200	-	160	24	62	7 000	765	835	912
	S				4 000	-	-	160	35	115	12 800	157	92	153

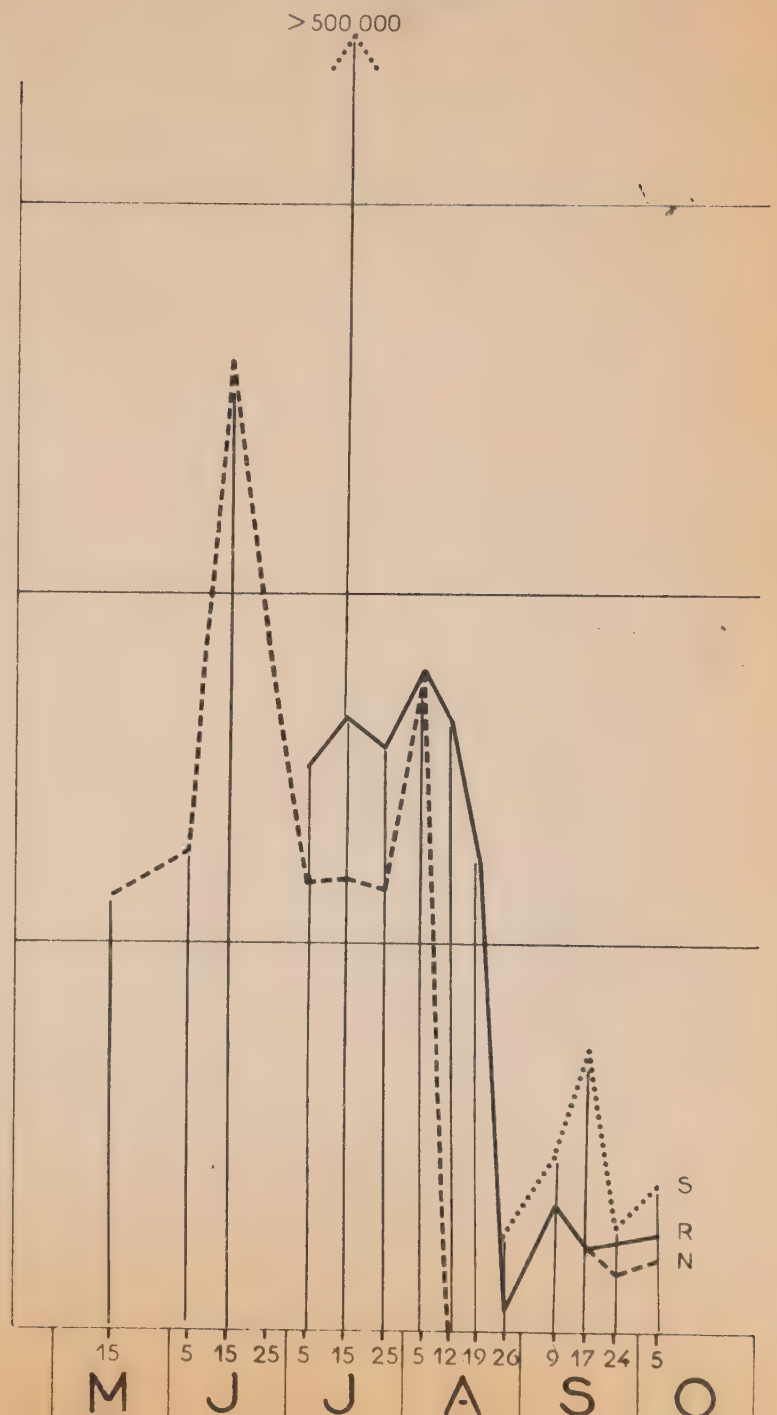
Individus au cm²

Melosira varians

- 1964 -



Cocconeis



CANAL de DONZERE-MONDRAGON

date -

rence à rappeler . M. 14. . .

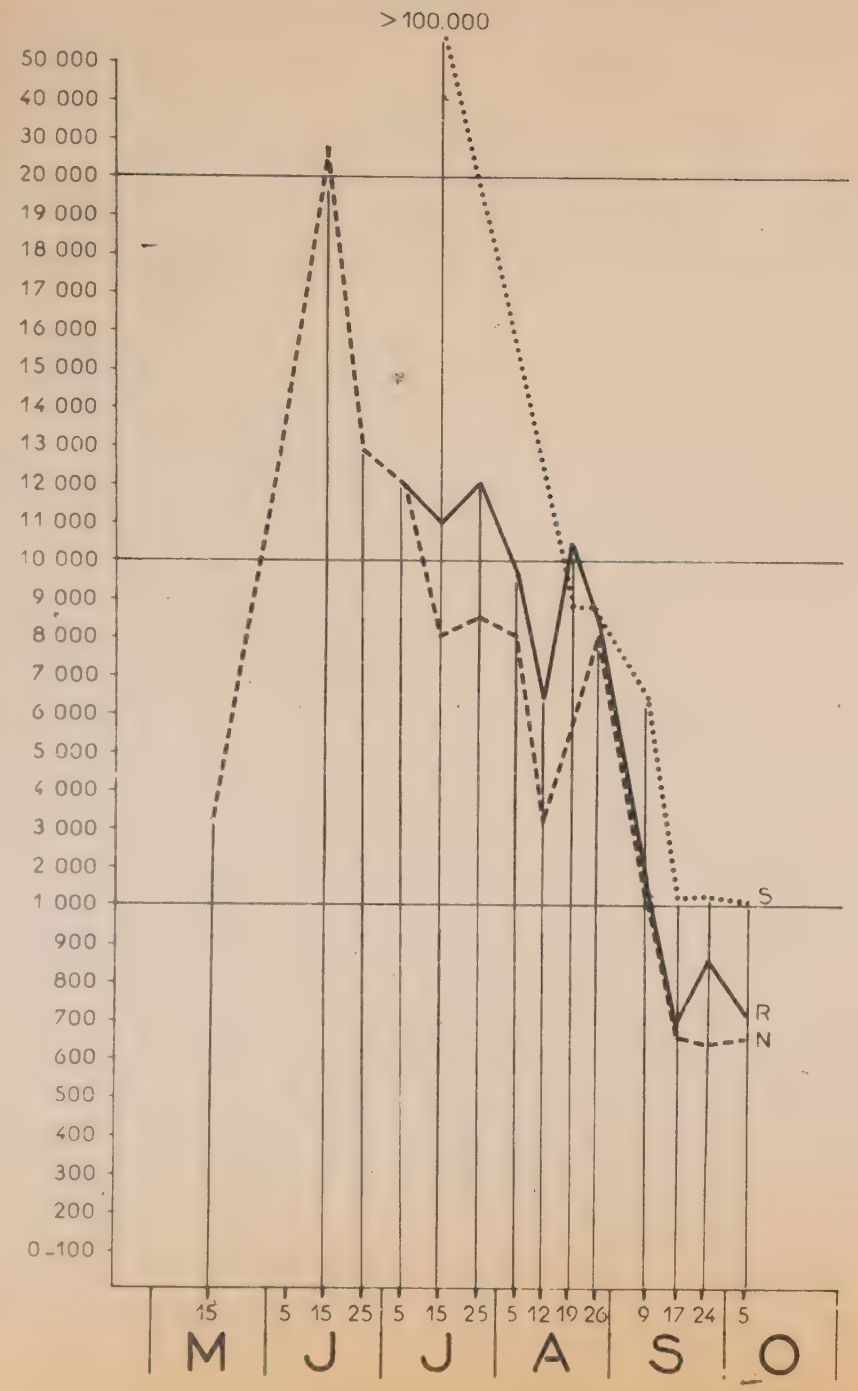
ndividus au cm2

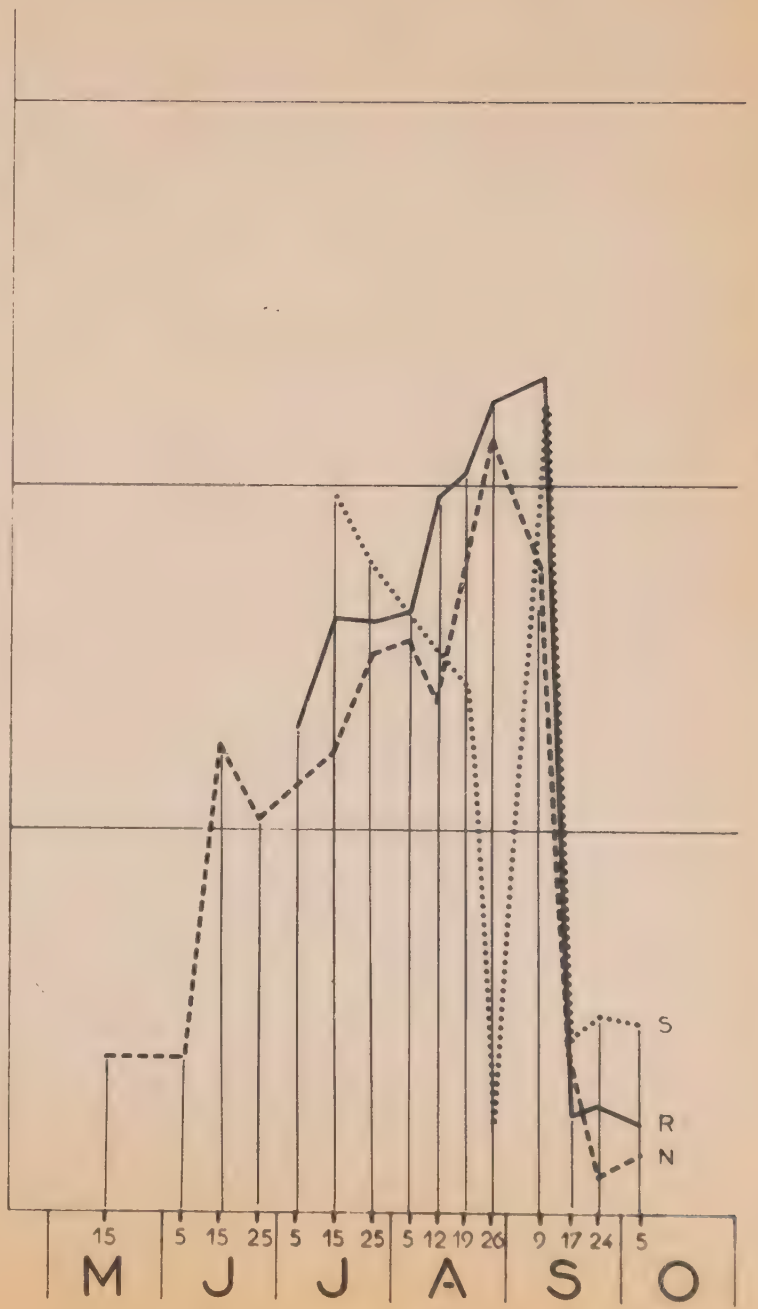
Navicula radiosa

- 1964 -

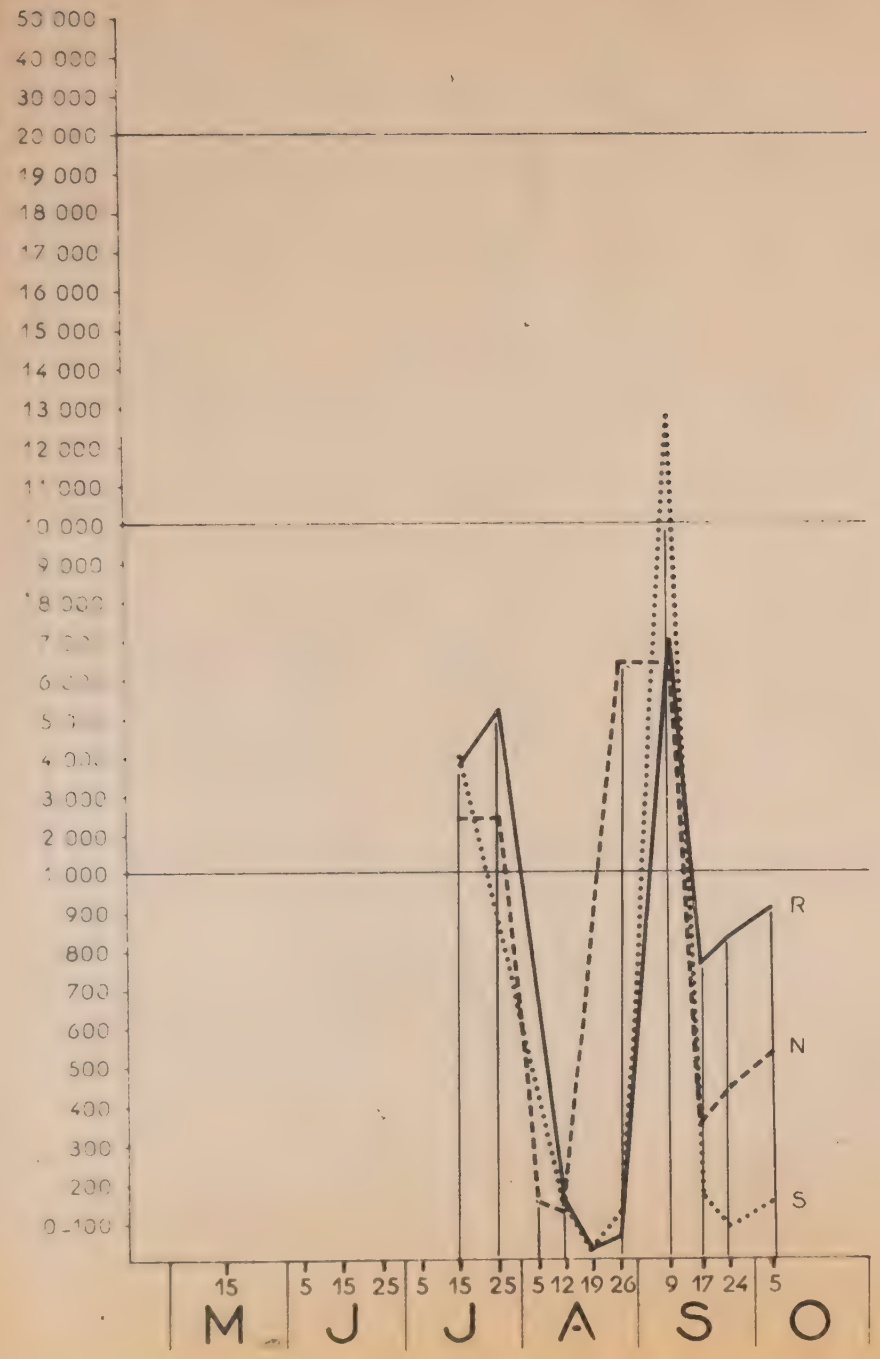
Navicula rhyncocephala

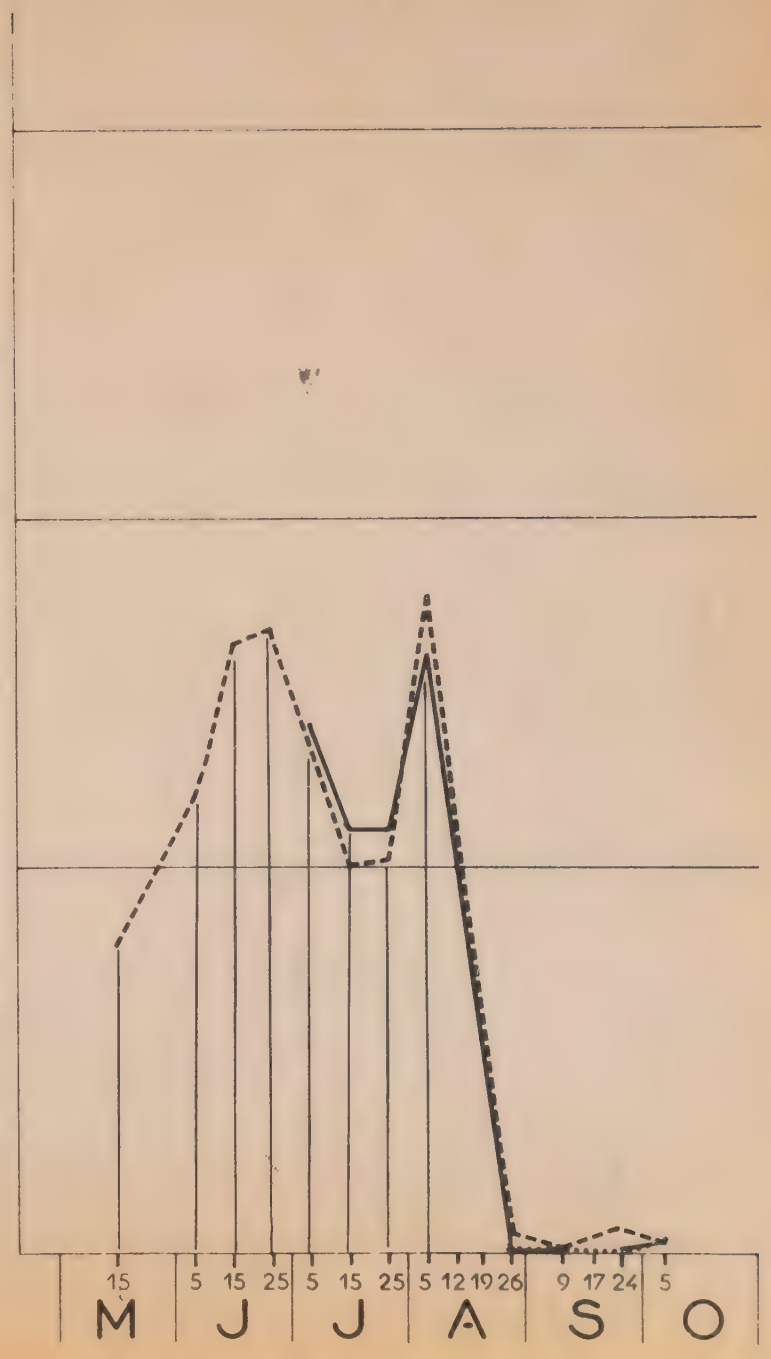
CANAL de DONZERE-MONDRAGON





dividus au cm2 Synedra ulna - 1964 - Rhoicosphenia curvata





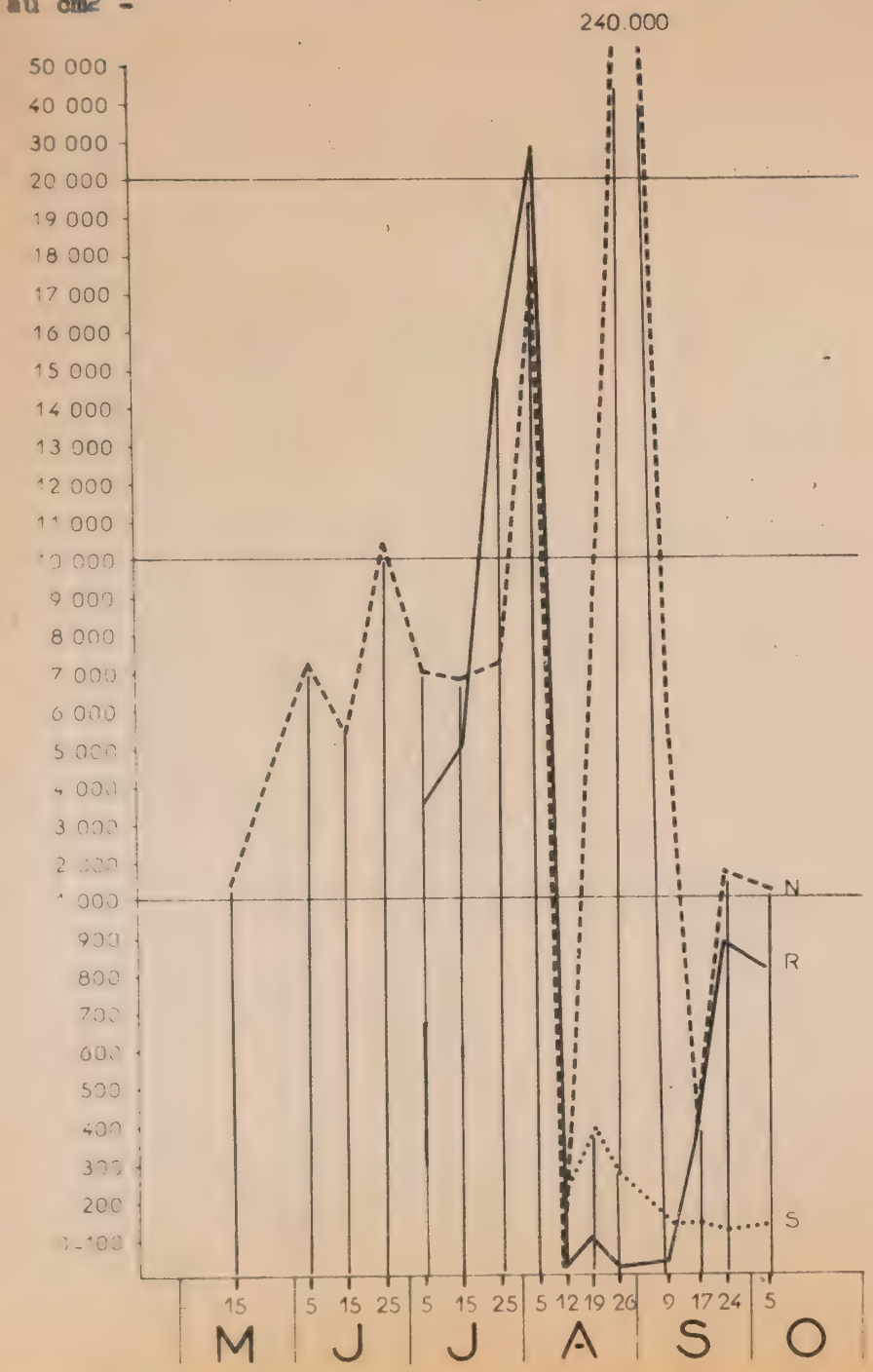
CANAL de DONZERE-MONDRAGON

date

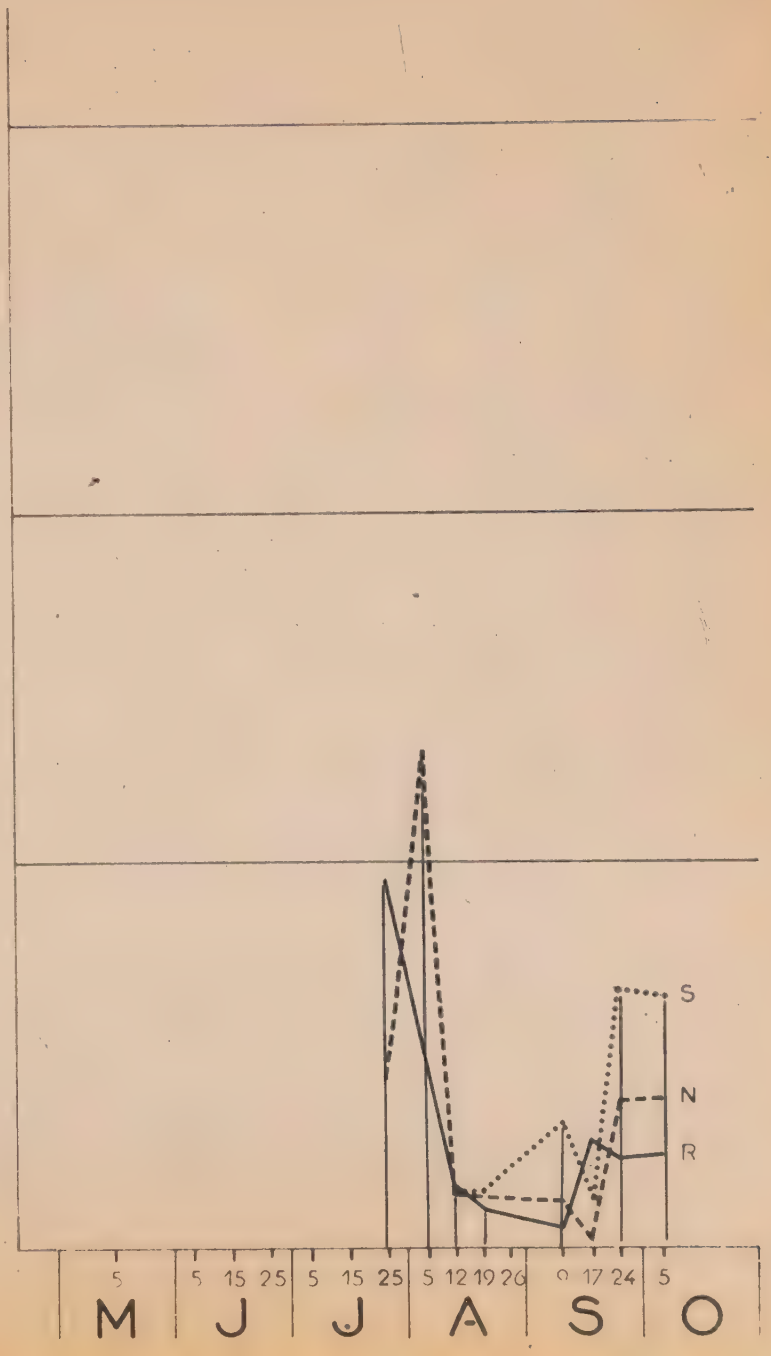
Individus au cm2 -

Diatoma vulgare

- 1964 -



Diatoma elongatum



CANAL de DONZERE-MONDRAGON

- ESSAIS REALISES EN I965 -

I - CONDITIONS MATERIELLES -

Le matériel utilisé n'a pas subi de variantes, les nasses étant celles choisies lors de la première campagne, et ayant donné entière satisfaction au cours des premières études.

Ces immersions furent également les mêmes, toujours en trois points : un de référence et deux de contrôle :

- référence en amont du site sur une pile du pont,
- contrôle au point de rejet des effluents du site,
- contrôle également en aval du point de rejet.

Lors des premières études, nous nous étions tout de suite rendus compte du problème posé par les variations du niveau du canal ; un système de flotteurs maintenant la nasse immergée à I m de profondeur, fut mis au point, mais ce système dut être abandonné car ne donnant pas les résultats escomptés ; le courant est en effet trop important, les câbles s'emmêlant et les flotteurs, frottant contre les piles des ponts finissant par se crever. En conséquence nous avons mis à l'étude un dispositif plus sûr qui fut mis en service en I967.

II - RESULTATS OBSERVES -

A priori, nous pouvons considérer qu'en I965, les facteurs température de l'eau, éclairement en profondeur, vitesse du courant, etc..., ont été comparables et assimilables à ceux de I964, ce qui nous permet de nous servir des premiers résultats enregistrés en I964, comme base de référence.

Et dans l'ensemble, les résultats observés durant ces deux années sont assez comparables :

-les espèces trouvées cette année furent les mêmes que celles trouvées lors de la première campagne, sauf en ce qui concerne une diatomée Ceratoneis arcus (Kütz), apparue brusquement sur les lames au cours du mois de Mars I965, et retrouvée depuis d'une manière constante, parfois d'une façon exubérante.

Quant aux autres espèces, diatomées, algues filamenteuses ou protozoaires, elles réapparurent en I965 avec la même fréquence et selon les mêmes proportions respectives.

Similitude également dans les fluctuations saisonnières, avec un maximum d'espèces en été, un minimum en hiver, et une remontée de chacune des espèces à partir de la fin Février : il suffit d'examiner les courbes relatives aux différentes espèces pour le constater.

.../

Les algues filamenteuses, elles, présentent les mêmes caractéristiques qu'en 1964 ; pratiquement absentes en amont, elles se trouvent régulièrement au point de rejet et en aval, mais ceci semble dû à une vitesse du canal beaucoup plus importante en amont et diminuant graduellement au fur et à mesure que l'on s'approche du barrage constitué par l'Usine Electrique.

I°) - Etudes des courbes :

Lorsque l'on s'adresse aux espèces les plus représentatives (Navicula radiosa, Diatoma vulgare, Melosira varians, etc...), on constate cette année là une similitude frappante dans le parallélisme des courbes relatives aux différents points d'immersions ; ni décrochages spectaculaires d'une courbe par rapport à l'autre, ni artéfacts dans la numération.

Ces courbes se suivent d'une façon nette, se superposant presque, ce qui indique une similitude de colonisation en tous les points d'immersion des lames, une constante biologique pour la portion du canal étudiée.

2°) - Résultats obtenus à partir de groupements d'individus par fractions de deux cents (individus) :

Nous avons comparé les courbes réalisées à partir des groupes d'individus en portant en abscisses les immersions sans tenir compte du temps et en ordonnées des classes de deux cents individus, et en ne s'occupant plus que de l'amont et de l'aval. Les graphiques obtenus sont assez concordants et montrent d'une manière générale la bonne santé du milieu que l'on étudie, donc une absence d'influence des rejets de l'Usine sur les populations algales en particulier, et sur le milieu en général.

Ces graphiques de classes indiquent toutefois quelques dissonances entre l'amont et l'aval ; c'est le cas de Diatoma vulgare et de Navicula radiosa, qui montrent toutes deux une différence très nette entre le Nord et le Sud, et ce, pendant la même période, en Juillet - Août. Cette dissonance ne s'observe d'ailleurs que pour ces deux seules espèces.

Peut-on parler de pollution à cette époque ? Certainement pas, car pour conclure à une pollution il eut fallu que le milieu tout entier fût atteint, ce qui n'est pas le cas (voir le tableau des espèces). De plus, pour ces deux espèces, la chute du Nord suivit immédiatement celle du Sud, et une remontée plus accentuée en aval qu'en amont. Plutôt qu'une pollution, il faut songer à de mauvaises conditions de colonisations ou à des antagonismes pour ces deux espèces qui n'ont peut-être pas trouvé alors des conditions optima de développement, et dont la signification nous échappe présentement.

.../

III - CONCLUSIONS DES MESURES ET OBSERVATIONS FAITES EN 1965 -

Ce qu'il faut conclure de l'examen de ces courbes, c'est une assez bonne similitude de développement et de colonisation aux différents points d'immersion de nos lames, et donc à priori aucune influence néfaste des effluents du Centre sur le milieu ambiant. Les quelques différences observées entre le Nord et le Sud du Canal, pour la zone explorée, concernent des cas particuliers et non des cas généraux, et ne sauraient donc nous donner l'alarme, mais seulement des indications ; il reste à trouver la cause de la disparition brutale d'une espèce particulière en un point du canal qu'il s'agisse du Nord, du point de rejet ou du Sud, disparition qui peut être due à une cause physique, chimique, physiologique ou écologique.

Dans l'ensemble on observe comme l'année précédente que les lames placées à l'aval sont plus colonisées qu'à l'amont ce que nous expliquons par une vitesse plus faible du courant.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	S.14 Oct.	14 Oct. au 3 Nov. 1964	3 Nov. au 24 Nov. 1964	24 Nov. au 22 Déc. 1964	22 Déc. au 20 Jan. 1965	20 Jan. au 22 Fév. 1965	22 Fév. au 10 Mars 1965	10 Mars au 29 Mars 1965	29 Mars au 13 Avril 1965	13 Avril au 26 Avril 1965	26 Avril au 24 Mai 1965	24 Mai au 17 Juin 1965	17 Juin au 13 Jui. 1965	13 Jui. au 29 Jui. 1965	29 Jui. au 13 Août 1965	13 Août au 31 Août 1965	31 Août au 13 Sep. 1965	13 Sep. au 1 Oct. 1965	1 Oct. au 27 Oct. 1965	Nov. 1965	Déc. 1965
Navicula radiosa	642 713 1010	204 415 550	571 514 488	192 84 103	316 404 123	810 733 600	2096 1440 1520	750 830 920	312 460 471	281 248 308	2620 6500 >8000	5200 4000 >8000	– – –	306 – 294	5000 – 311	199 812 3900	1083 4200 7000	1254 3850 >6000	1120 3940 5600	Niveau du canal trop bas – laues émergées = pas de comptage possible	Niveau du canal trop bas – laues émergées = pas de comptage possible
Navicula rhyncocephala	208 13 120	– 9 259	121 224 –	228 159 285	12 108 223	354 126 201	536 854 210	1020 712 1200	1130 1089 2200	907 – 2150	2500 3200 >5000	>5000 >5000 >5000	– – 	3200 – >5000	>8000 – >8000	>5000 >5000 >5000	4200 3500 4500	4500 2400 >5000	580 5000 5000		
Cocconeis	54 – 120	21 2- 103	157 25 112	– – 97	3 27 35	– – 2	89 128 6	372 254 188	1250 839 1033	574 329 1120	1542 563 1241	>5000 887 1583	– – –	>5000 – >5000	3500 – >5000	3500 3500 >5000	2800 1150 2200	1200 1238 1500	108 – 59		
Melosira varians	3800 6500 >10000	612 7000 5000	820 3200 6600	54 208 910	208 455 972	508 64 647	700 250 833	548 732 850	3000 950 930	1020 >3000 >10000	7800 310 >8000	>9000 9000 9000	– – –	5200 – 7500	6000 – 8500	1150 3000 6200	>9000 >9000 >9000	>8000	>6000		
Diatoma vulgare	1033 828 1008	154 97 238	69 109 129	112 191 3	111 28 8	423 504 548	1458 510 1630	1180 973 1954	1100 1558 2900	1612 287 1559	1900 1900 4200	>10000 >10000 >10000	– – –	1450 – 1008	3600 – 154	108 65 147	1038 812 7000	1200 954 7000	1350 1020 1400		
Diatoma elongatum	380 242 650	128 35 121	212 88 97	– 72 –	– 125 274	2300 1310 1540	>8000 2320 >8000	>8000 4500 >8000	>8000 >8000 >8000	4000 3500 >5000	4000 4000 >5000	>5000 >5000 >5000	– – –	>5000 – >5000	>5000 – >5000	2500 3500 >5000	1400 1400 2220	– 835 228	429 556 387		
Achoicosphenia curvata	129 37 –	49 28 17	123 117 5	2 – 8	5 – 19	17 25 29	131 519 236	292 654 871	1100 1600 2000	1500 1600 2000	1320 1700 2200	1900 2700 2500	– – –	3500 – >5000	>4000 – >5000	1950 2030 2136	237 118 588	54 2 35	28 3 –		
Synedra ulna	1800 – 358	3 274 92	53 159 2	3 23 5	– – 16	– 18 5	137 208 215	149 372 1520	1374 1270 2500	2200 3500 2100	4300 3500 5000	6400 3500 7000	– – –	>10000 – >10000	>8000 – >8000	4300 1200 3500	1500 2300 2800	1210 1087 3200	854 537 562		
Gomphonema geminatum	834 1200 956	2500 1800 5200	2500 2700 3000	2000 454 3200	1520 936 1550	>5000 2300 4500	>8000 6500 >8000	4400 7200 3500	5200 6500 3500	3500 3000 2500	420 320 460	4500 3000 5000	– – –	>10000 – >10000	>10000 – >10000	>8000	>8000	>5000	640 820 809		
Ceratoneis arcus	582 358 805	352 900 560	384 436 289	480 680 560	240 640 80	80 580 136	1000 2500 2000	1050 1800 3500	2400 1300 2900	2800 4500 >5000	>5000 >5000 >5000	5000 3500 >8000	– – –	2800 – 3500	>5000 – >5000	2200 3500 >5000	>5000 >5000 >5000	3200 1800 2800	889 1157 973		
Cymbella cistula			304		186 305	60	45	20	60 60				– –		1200 – 120	40	800				
Ulothrix zonata					650	5400		680		400 760		>5000	– – –	– –	– – 830	400	1200				

ALGUES DU PERIPHYTON OBSERVEES EN 1965

1°) - DIATOMEES

- Navicula radiosa (Kg)
- N. rhyncoephala (Kütz)
- N. hungarina (Grün.)
- N. humerosa (Breb)
- N. nobilis (Ehr)
- Cocconeis pediculus (Ehr)
- Melosira varians (Ag.)
- Pinnularia viridis (Ehr)
- Nitzschia gracilis (Hantzsch)
- Diatoma vulgare (Bory)
- D. elongatum (Ag)
- Synedra ulna (Nitzsch)
- Synedra radians (Kütz)
- Gyrosigma attenuatum (Kg)
- Gomphonema acuminatum (Ehr)
- G. constrictum (Ehr)
- G. geminatum (Ag)
- Cymatopleura solea (Breb)
- Cymatopleura elliptica (Breb)
- Rhoicosphenia curvata (Kg)
- Fragilaria vierescens (Ralfs)
- Tabellaria fenestrata (Kg)
- Cymbella cistula (Kg)
- Cymbella lanceolata (Ehr)
- Cymbella cuspidata (Kg)
- Amphipleura pellucida (Kg)
- Pleurosigma (W. Sm)
- Asterionella formosa (Hass.)
- Caloneis silicula (Ehr)
- Caloneis amphisbaena (Bory)
- Amphora ovalis (Kütz)
- Ceratoneis arcus (Kütz)

2°) - ALGUES FILAMENTEUSES

- Oedogonium (Link)
- Ulothrix zonata (Kütz)
- Mougeotia (Agardh)
- Mougeotia scalaris
- Chaetophora (Schrank)
- Spirogyra (Lagerheim)

3°) - CYANOPHYCEES

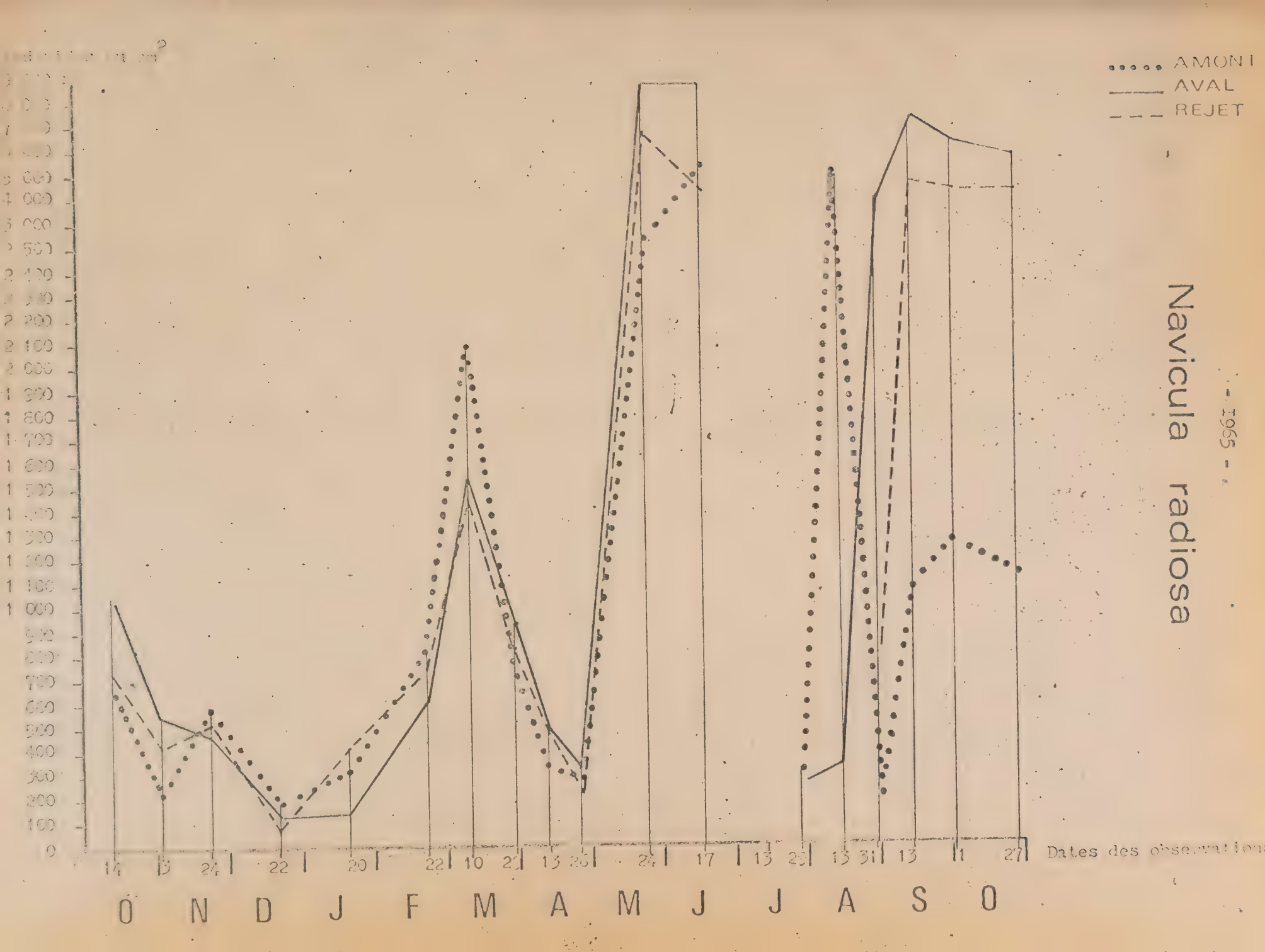
- Oscillatoria (Vaucher)
- Oscillatoria limosa (Ag)
- Merismopedia (Meyen)

4°) - DESMIDIALES

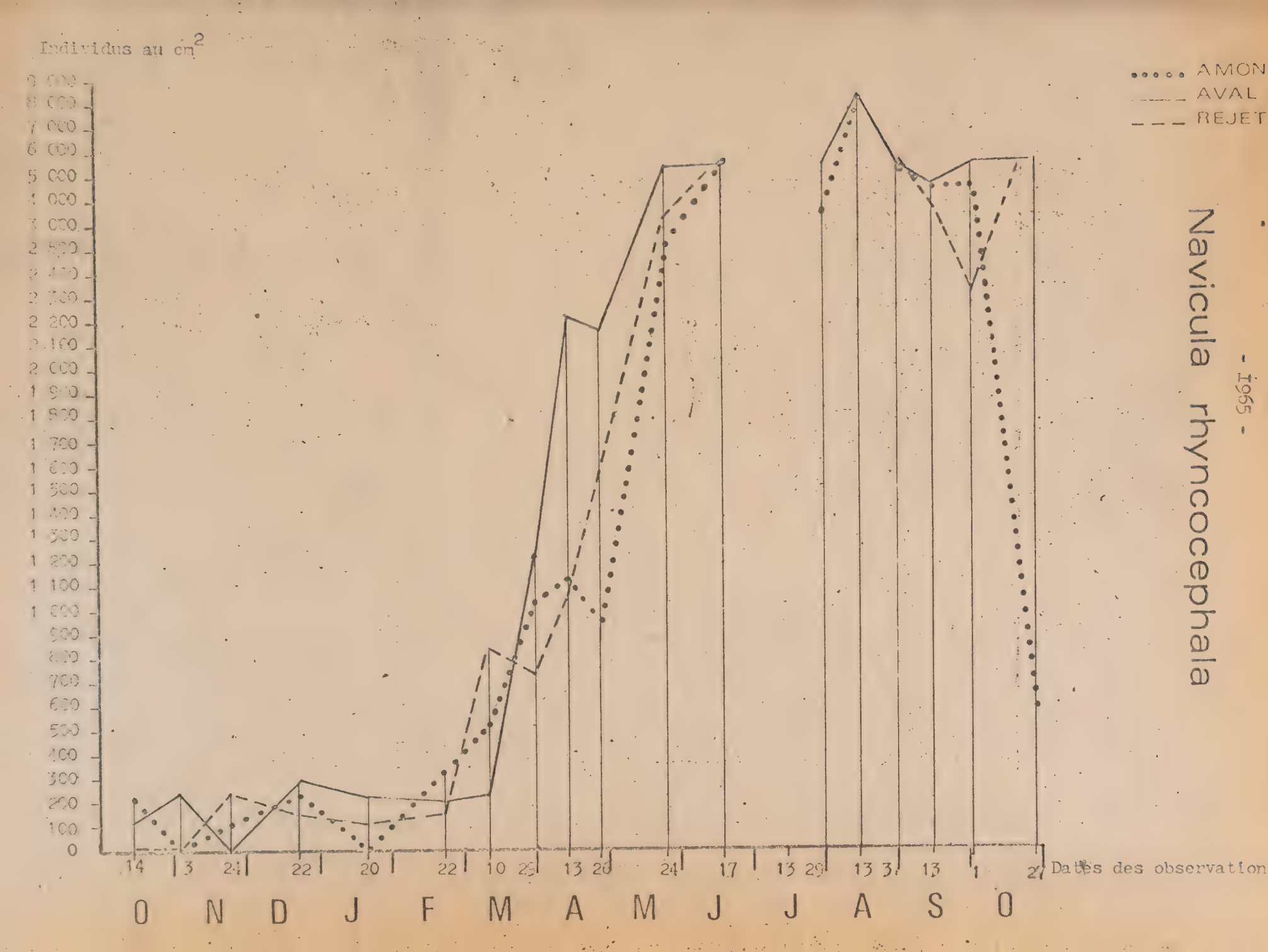
- Closterium moniliferum (Ehr)
- Cosmarium circulare (Reinsch)
- Cosmarium punctulatum (Nordst)
- Cosmarium protractum (Näg.)
- Euastrum elegans (Breb)
- Micrasterias crux-melitensis (Ehr)
- Staurastrum tetracerum (Kg)

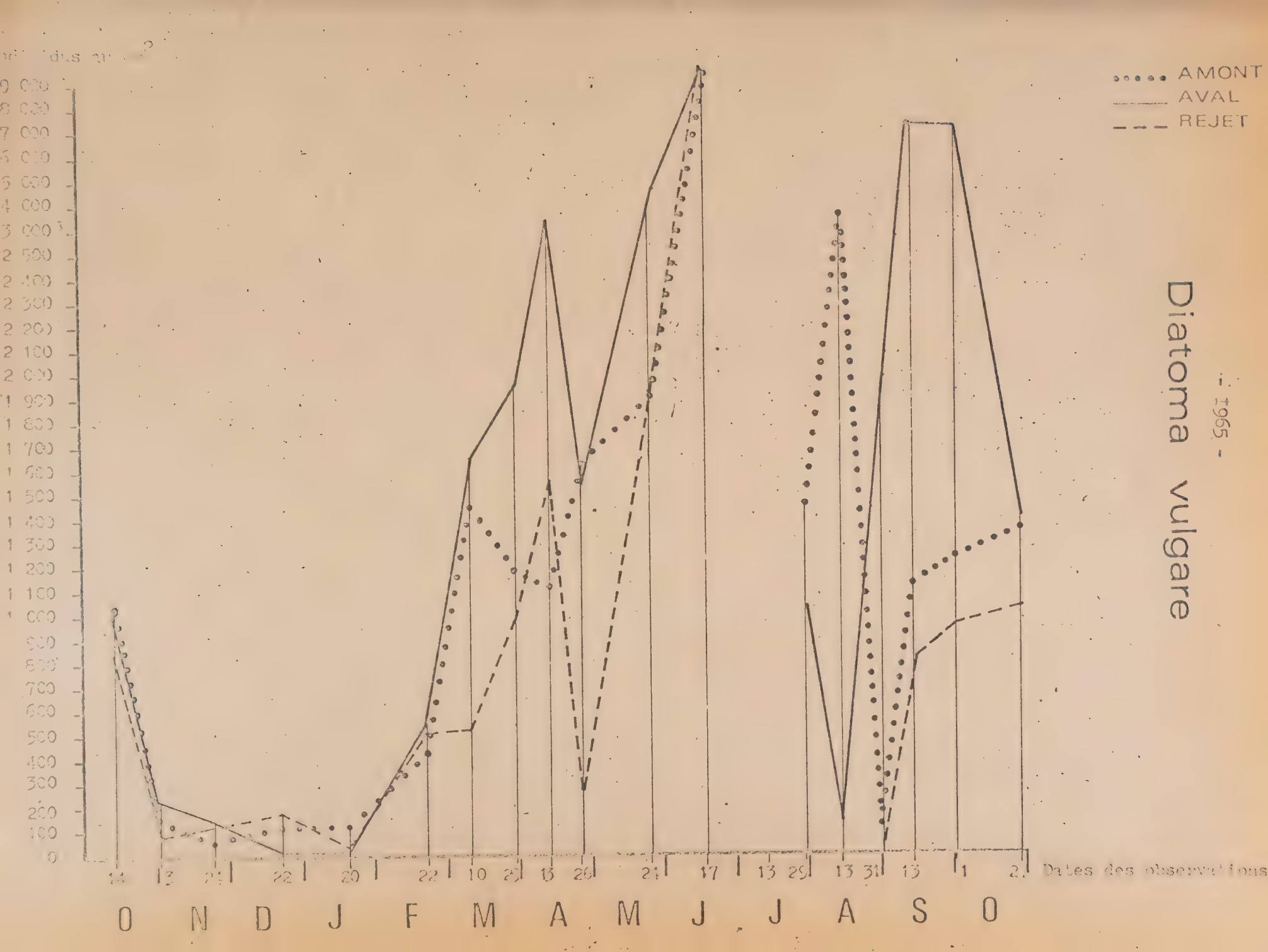
5°) - TETRAPORALES ET PROTOCOCCALES

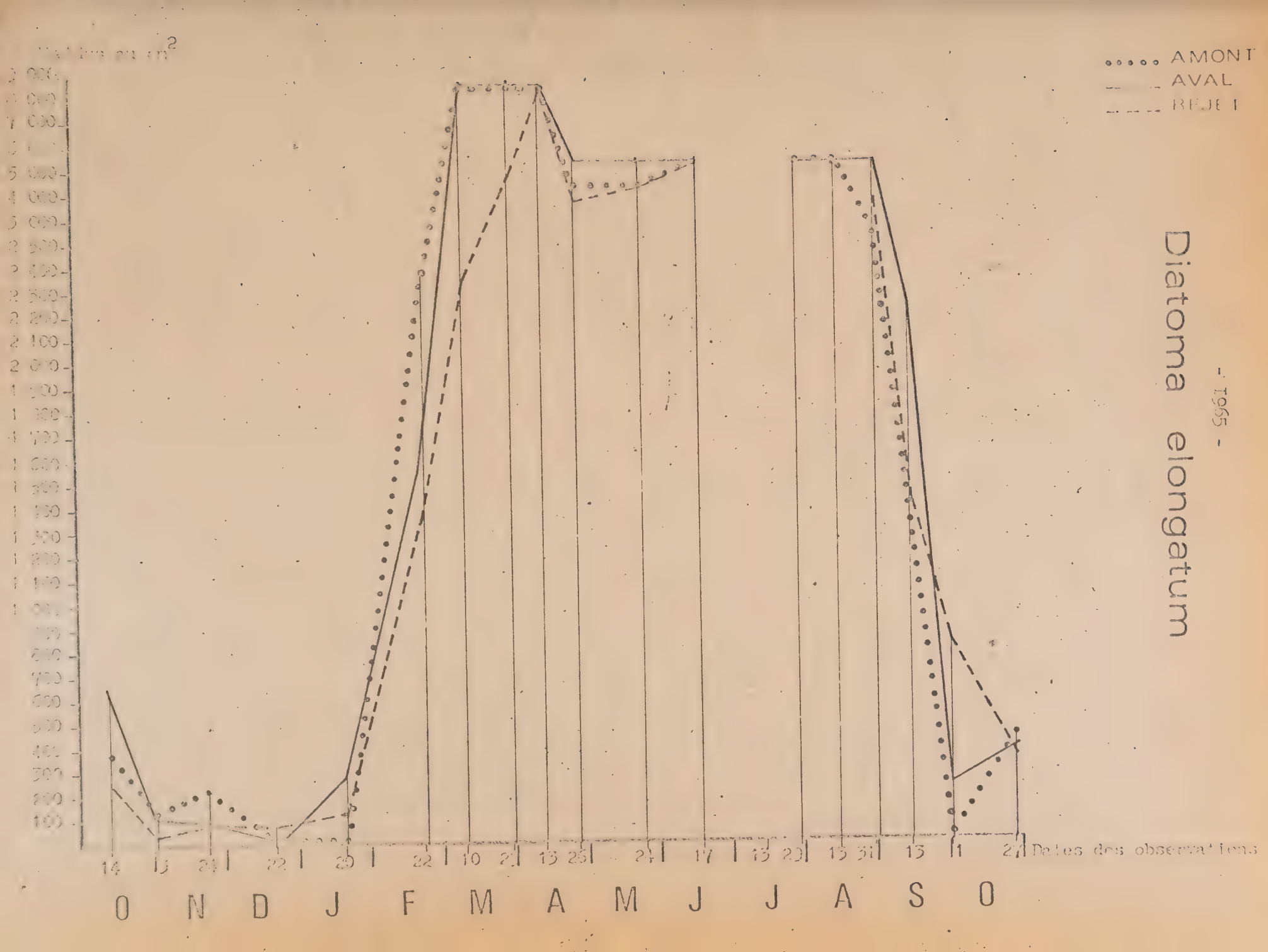
- Pediastrum Boryanum (Turp.)
- Pediastrum biradiatum (Meyen)
- Scenedesmus quadricauda (Chod.)
- Scenedesmus sp.

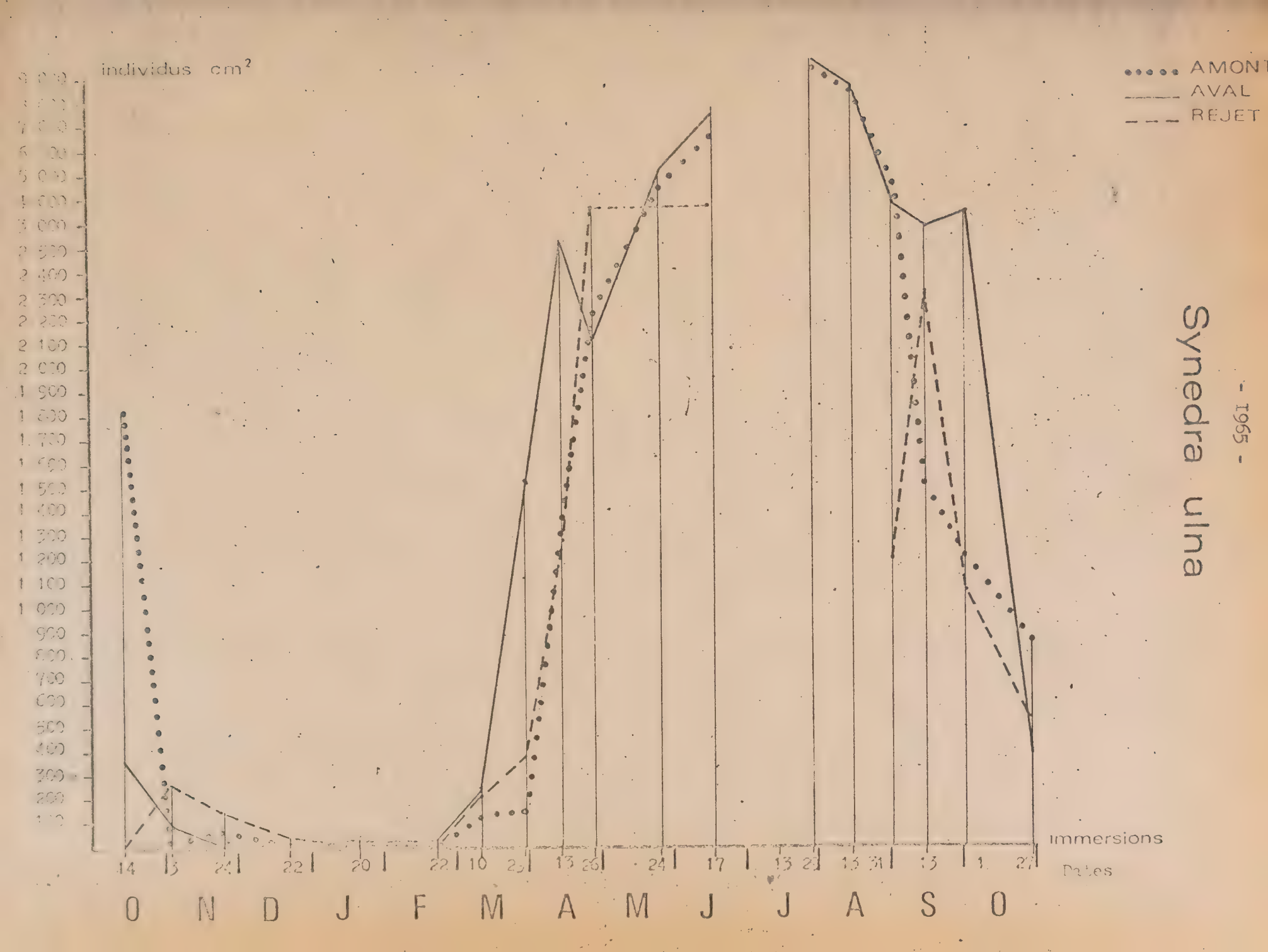


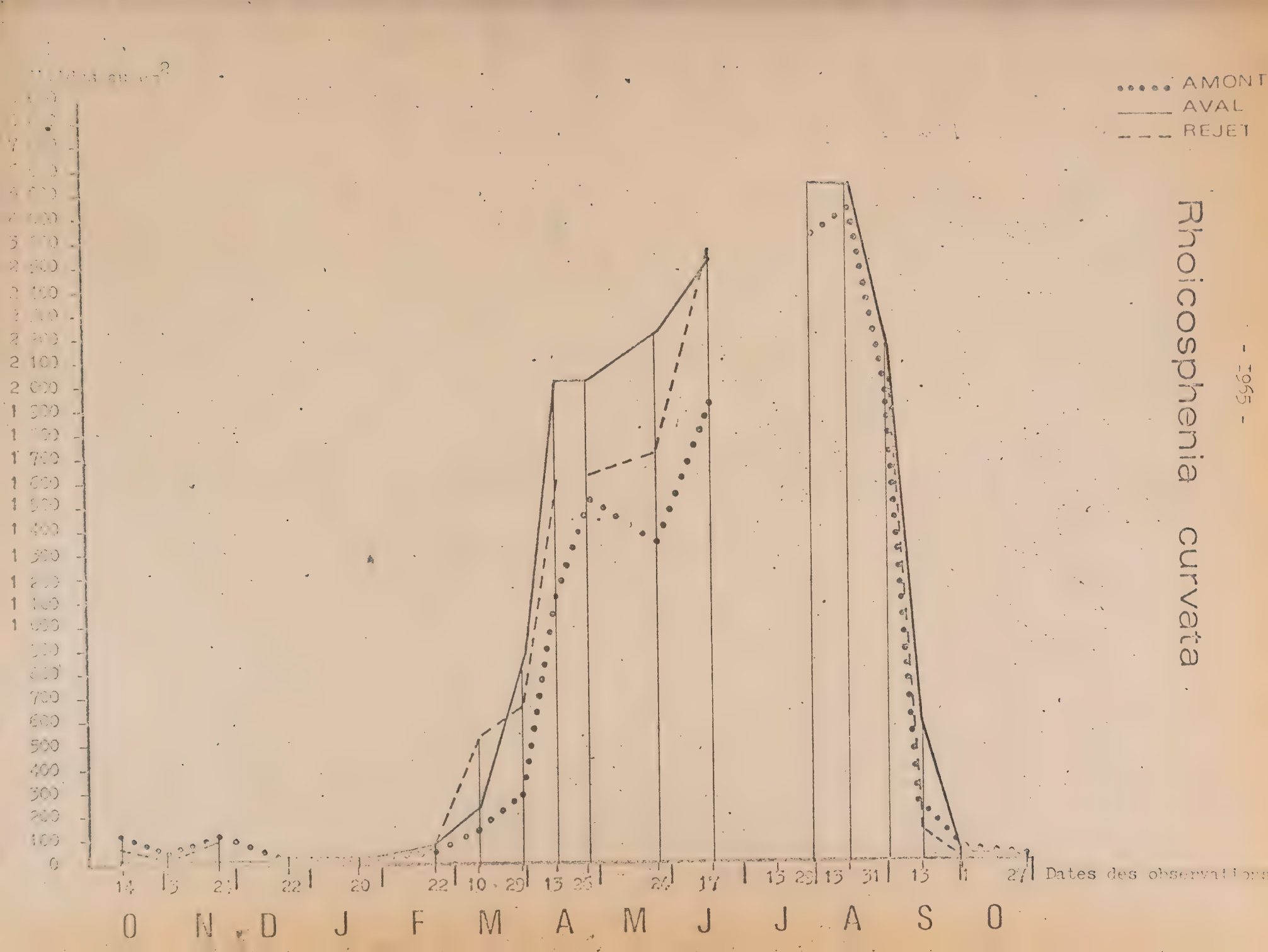
AMONT
AVAL
REJET
Navicula radiosa
- 1965 -
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O

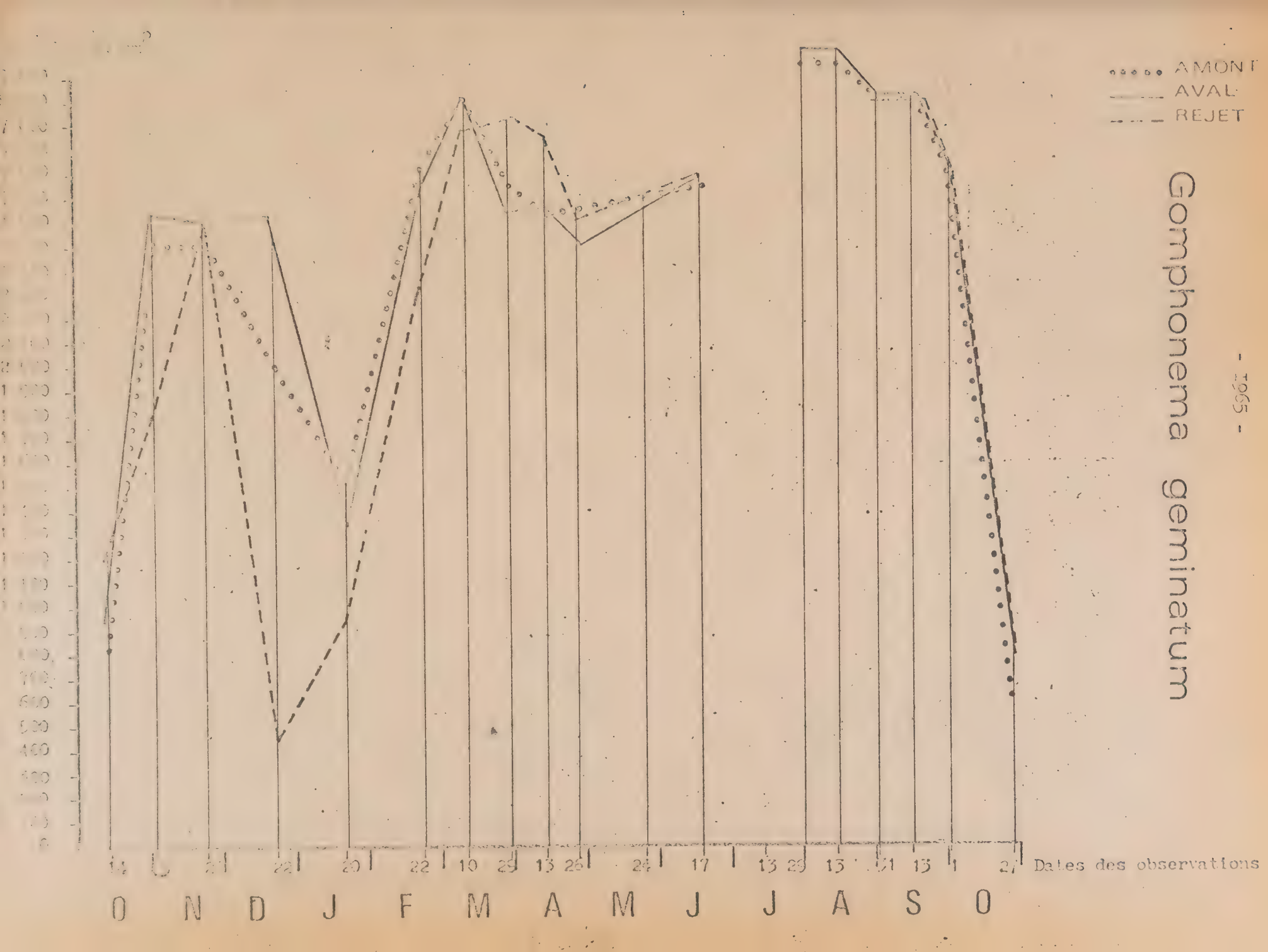

Individus au cm²
AMON
AVAL
REJET
Navicula rhyncocephala
- 1965 -
Dates des observation
O N D J F M A M J J A S O

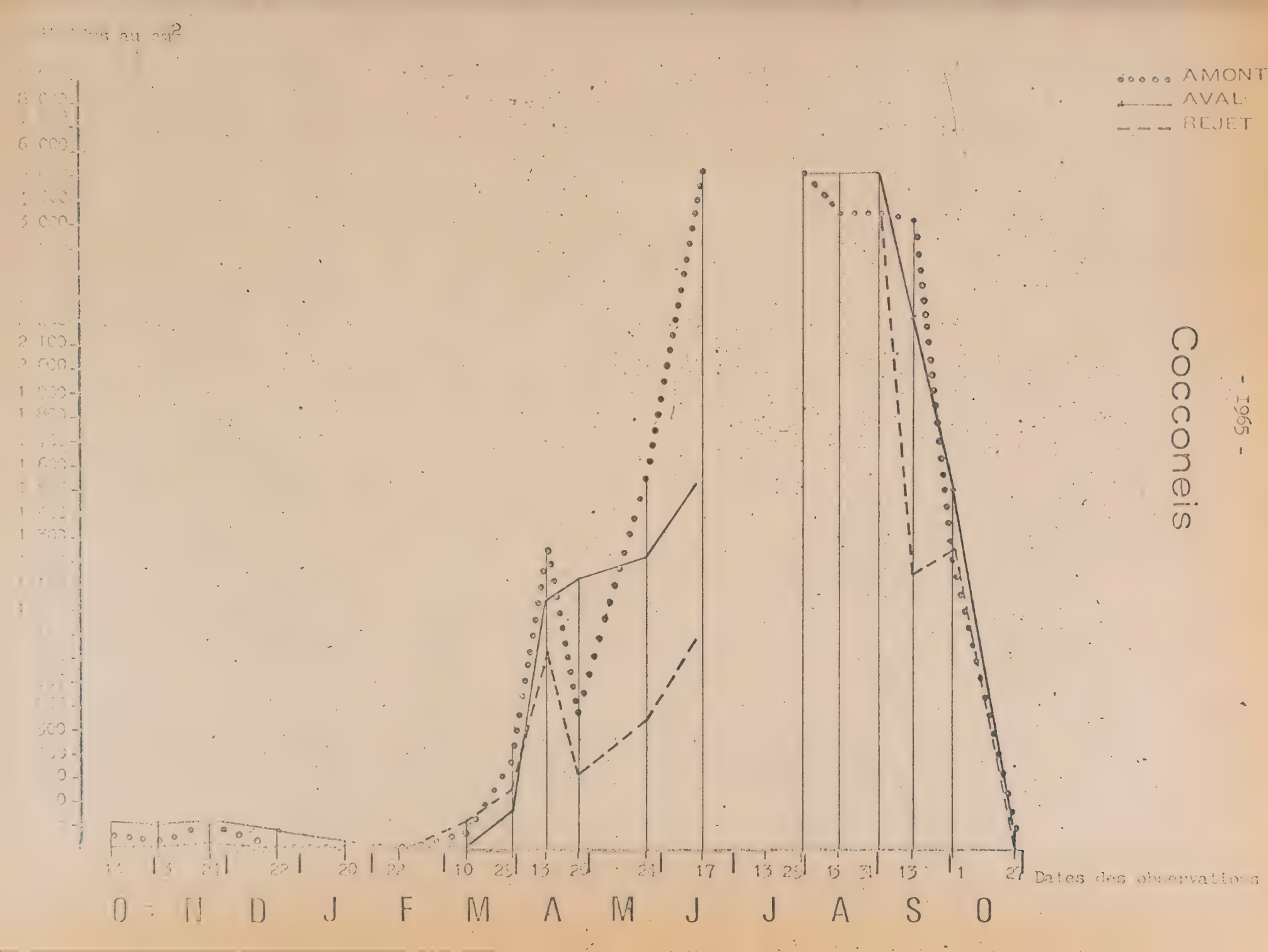

AMONT
AVAL
REJET
Diatoma vulgare
- 1965 -
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O

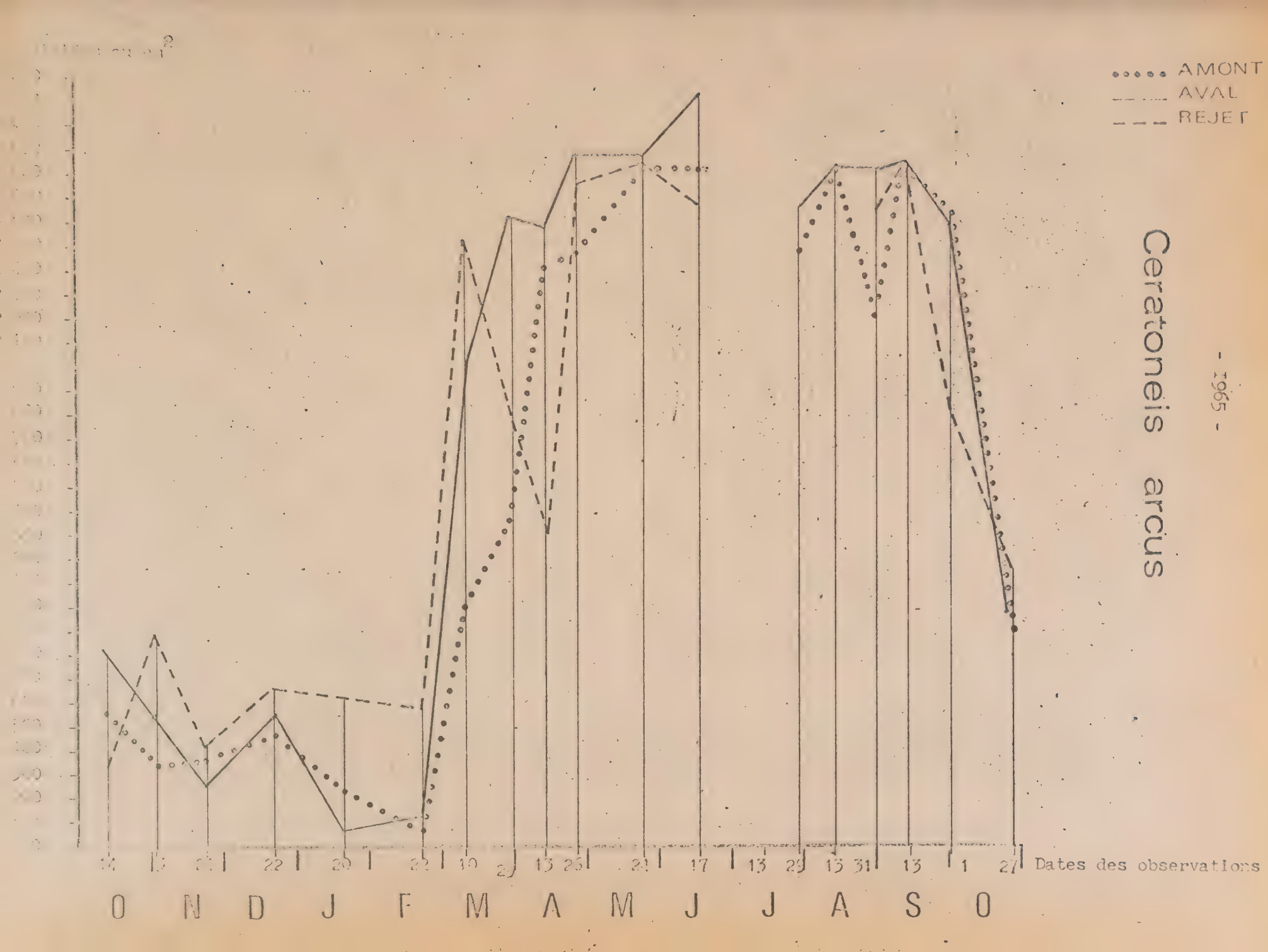

AMONT
AVAL
REJET
Diatoma elongatum
- 1965 -
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O

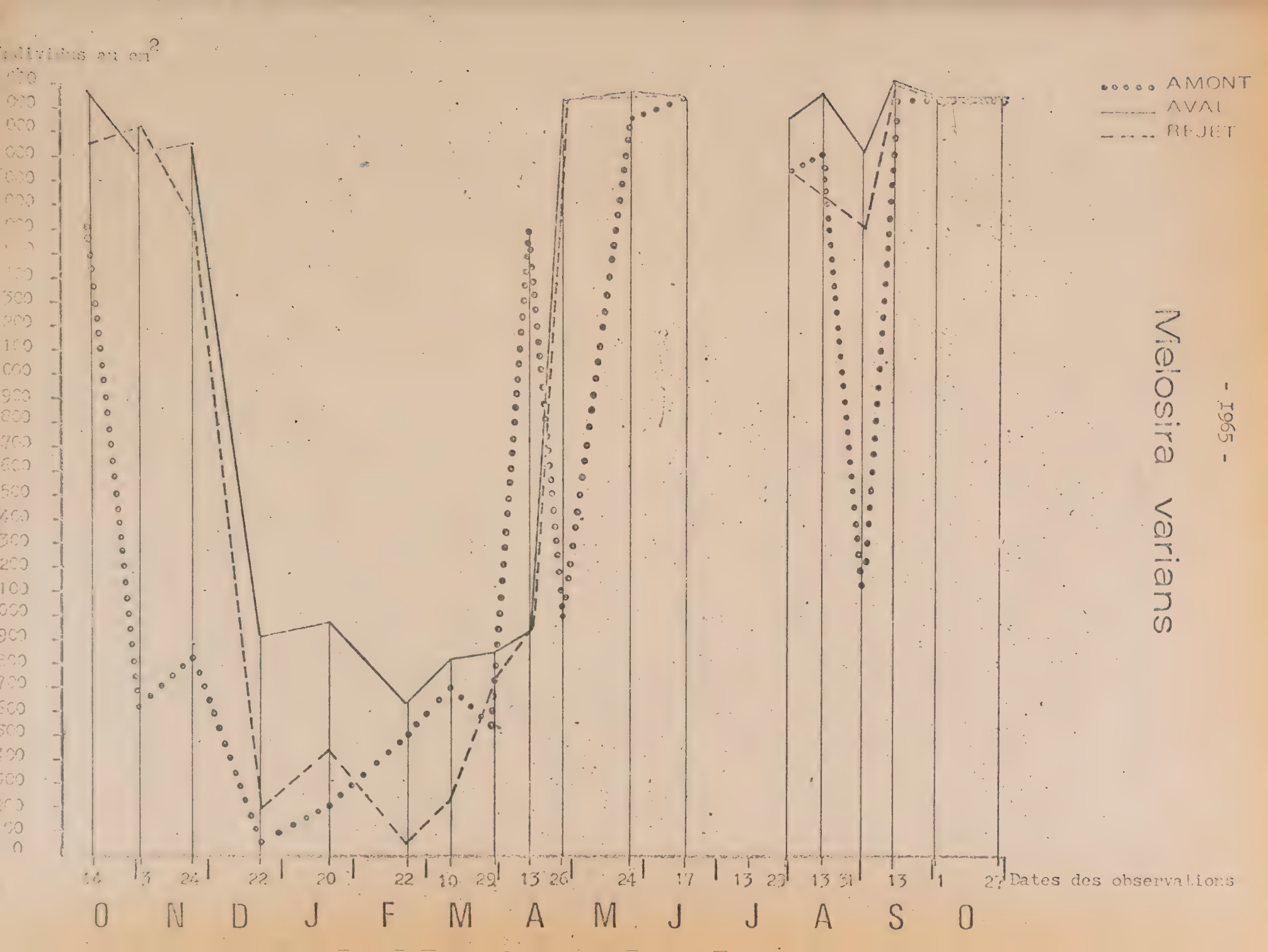

individus cm²
AMONT
AVAL
REJET
Synedra ulna
- 1965 -
immersions
Dates
14 13 24 22 20 22 10 25 13 26 24 17 13 23 15 31 13 1 27
O N D J F M A M J J A S O

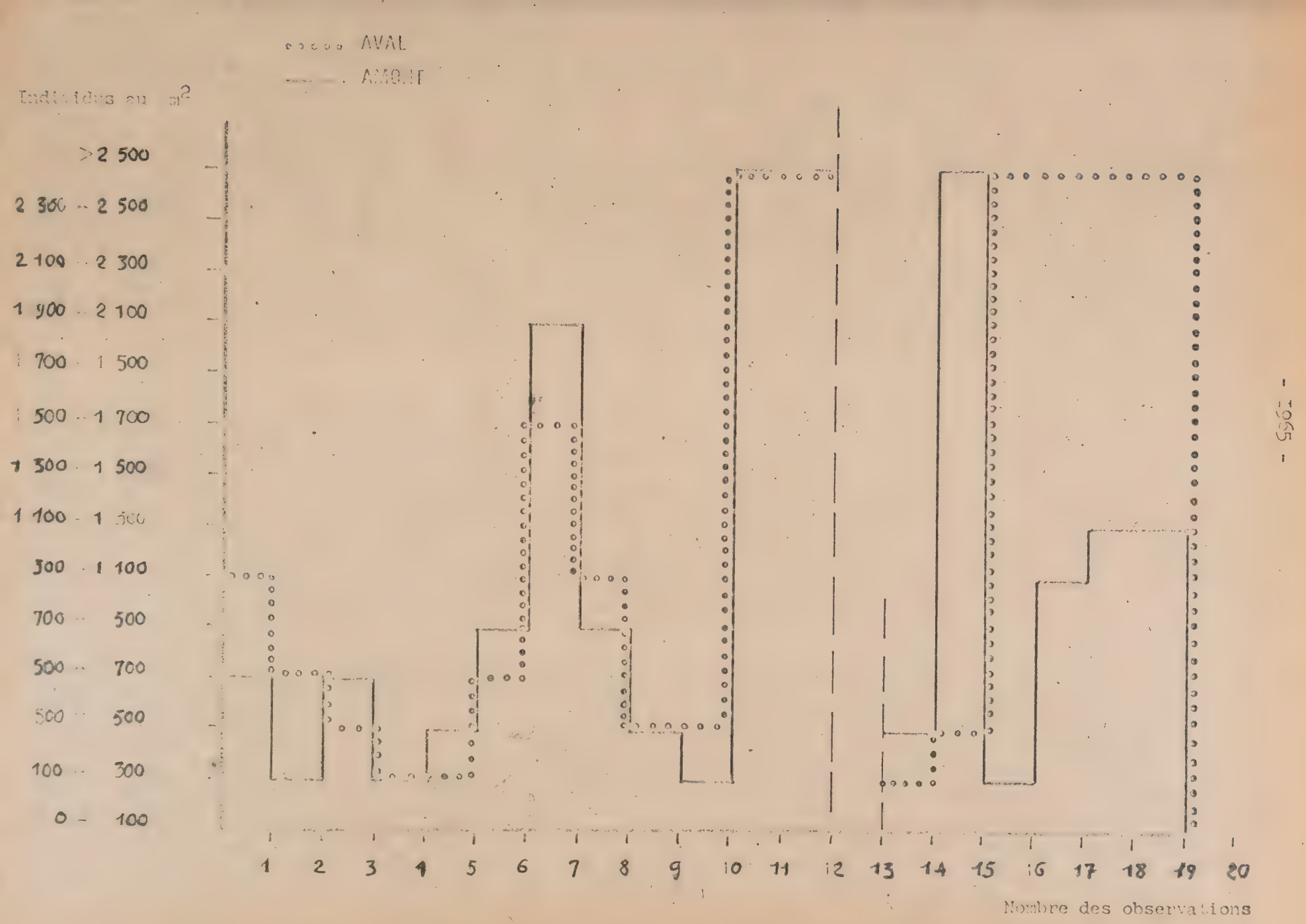

AMONT
AVAL
REJET
Rhoicosphenia curvata
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O


AMONT
AVAL
REJET
Gomphonema geminatum
- 1965 -
14 21 28 20 22 10 29 13 26 24 17 13 28 13 21 13 1 27
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O

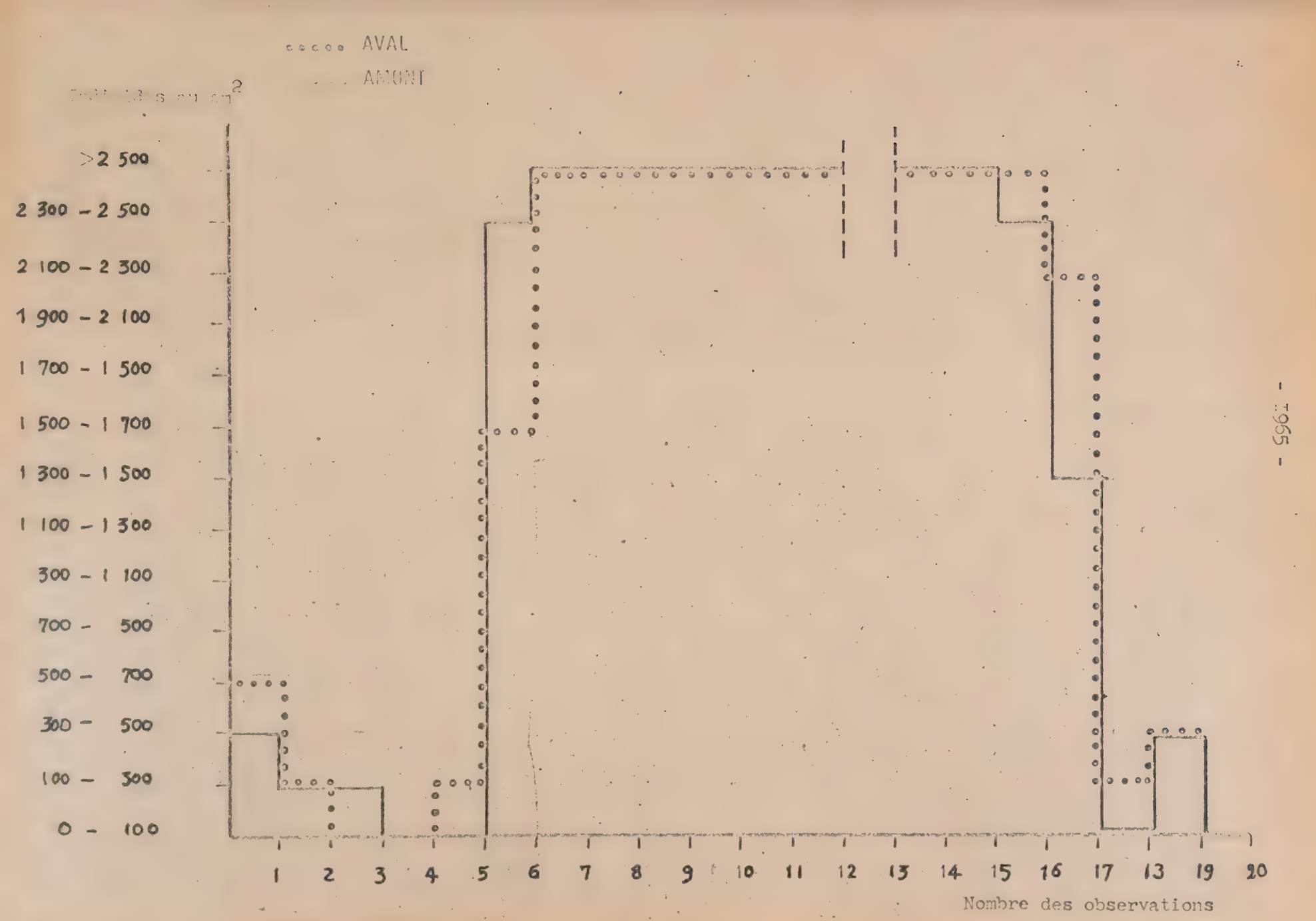

AMONT
AVAL
REJET
Cocconeis
- 1965 -
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O


AMONT
AVAL
REJET
Ceratoneis arcus
- 1965 -
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O

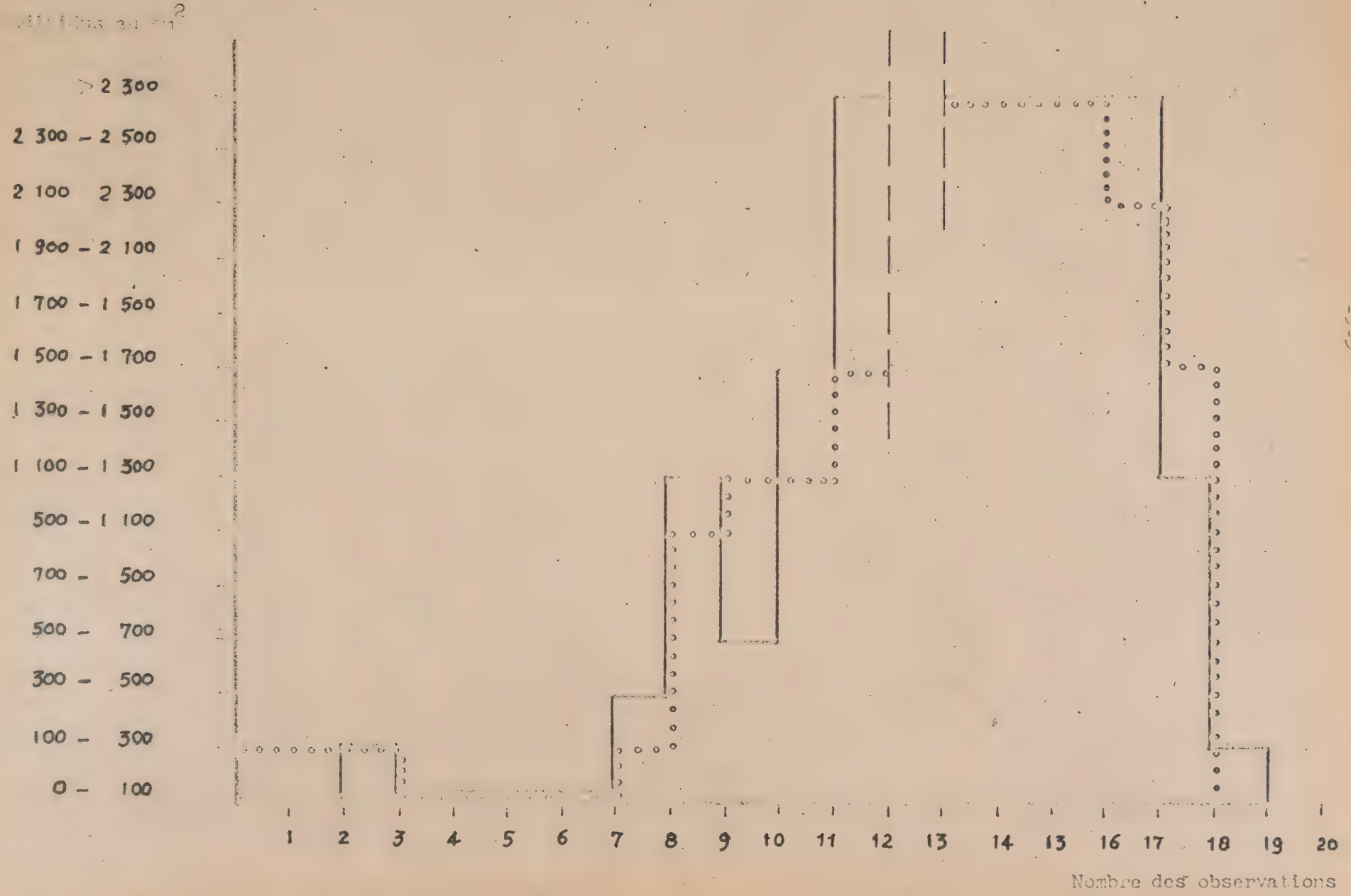

Individus au cm²
AMONT
AVAL
REJET
Melosira varians
- 1965 -
14 3 24 22 20 22 19 29 13 26 24 17 13 29 13 31 13 1 27
Dates des observations
O N D J F M A M J J A S O



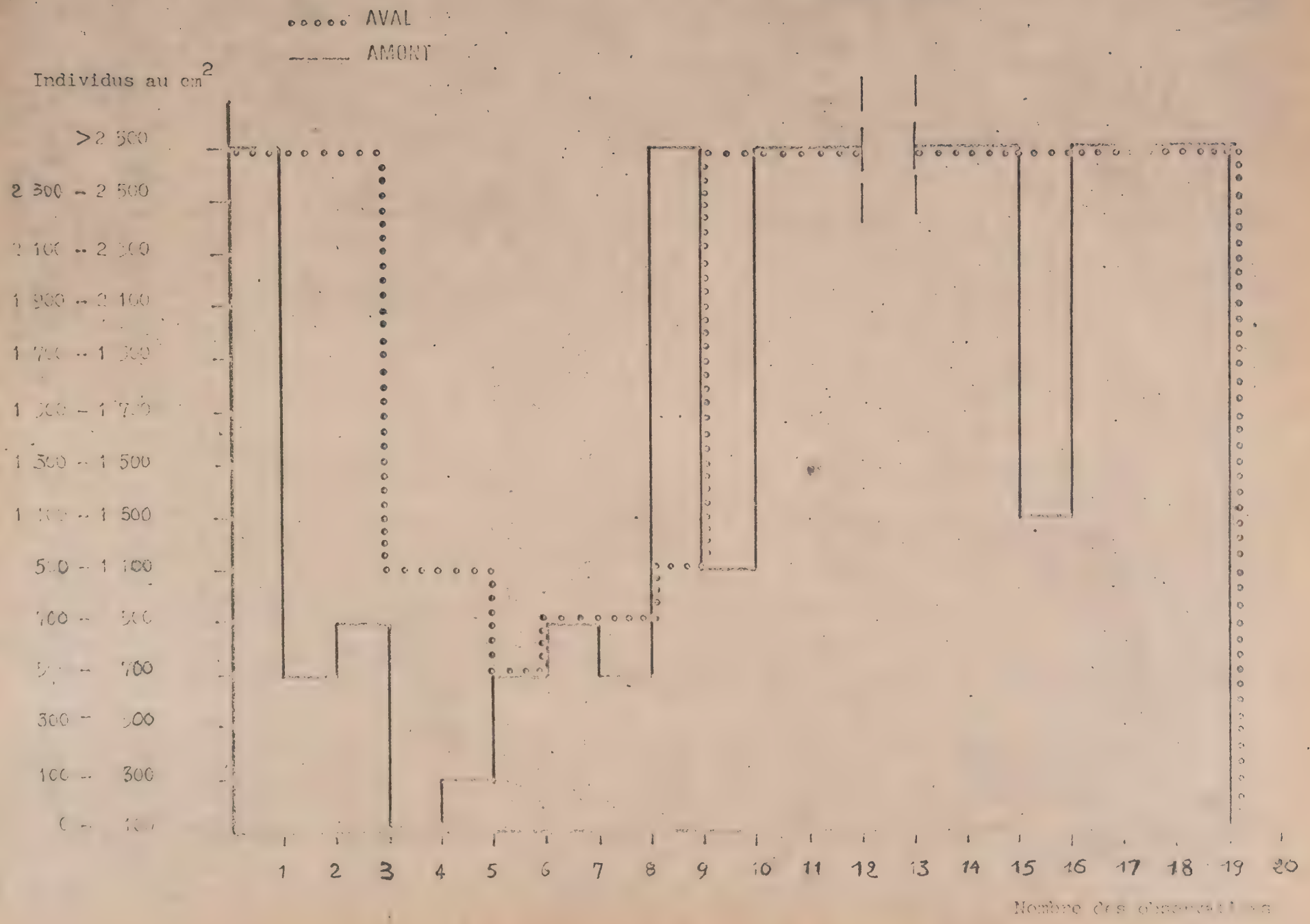
Navicula radiosa



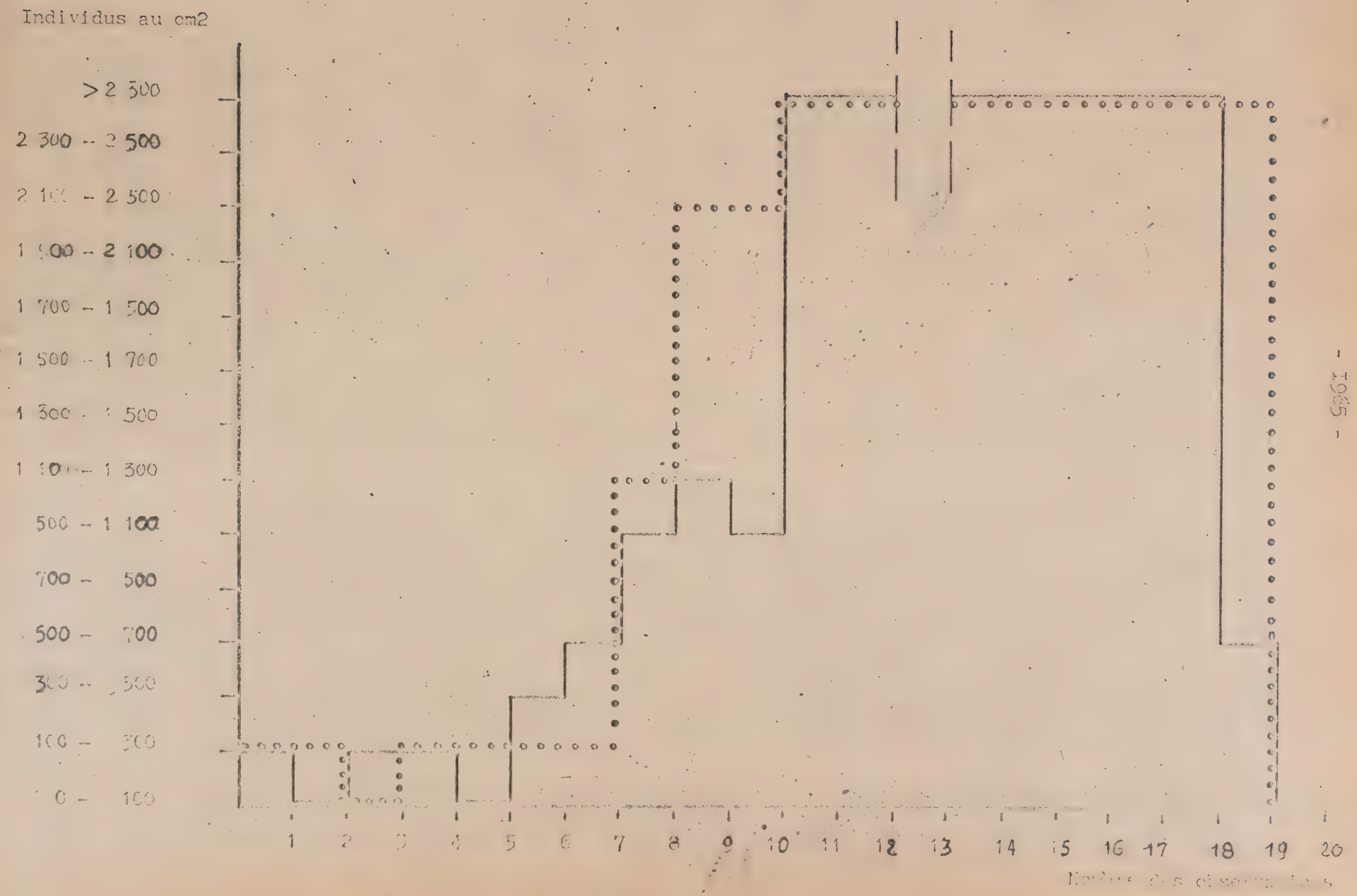
Diatoma elongatum


Millions au m²
> 2 300
2 300 – 2 500
2 100 2 300
1 900 – 2 100
1 700 – 1 500
1 500 – 1 700
1 300 – 1 500
1 100 – 1 300
500 – 1 100
700 – 500
500 – 700
300 – 500
100 – 300
0 – 100
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Nombre des observations
- 1965 -

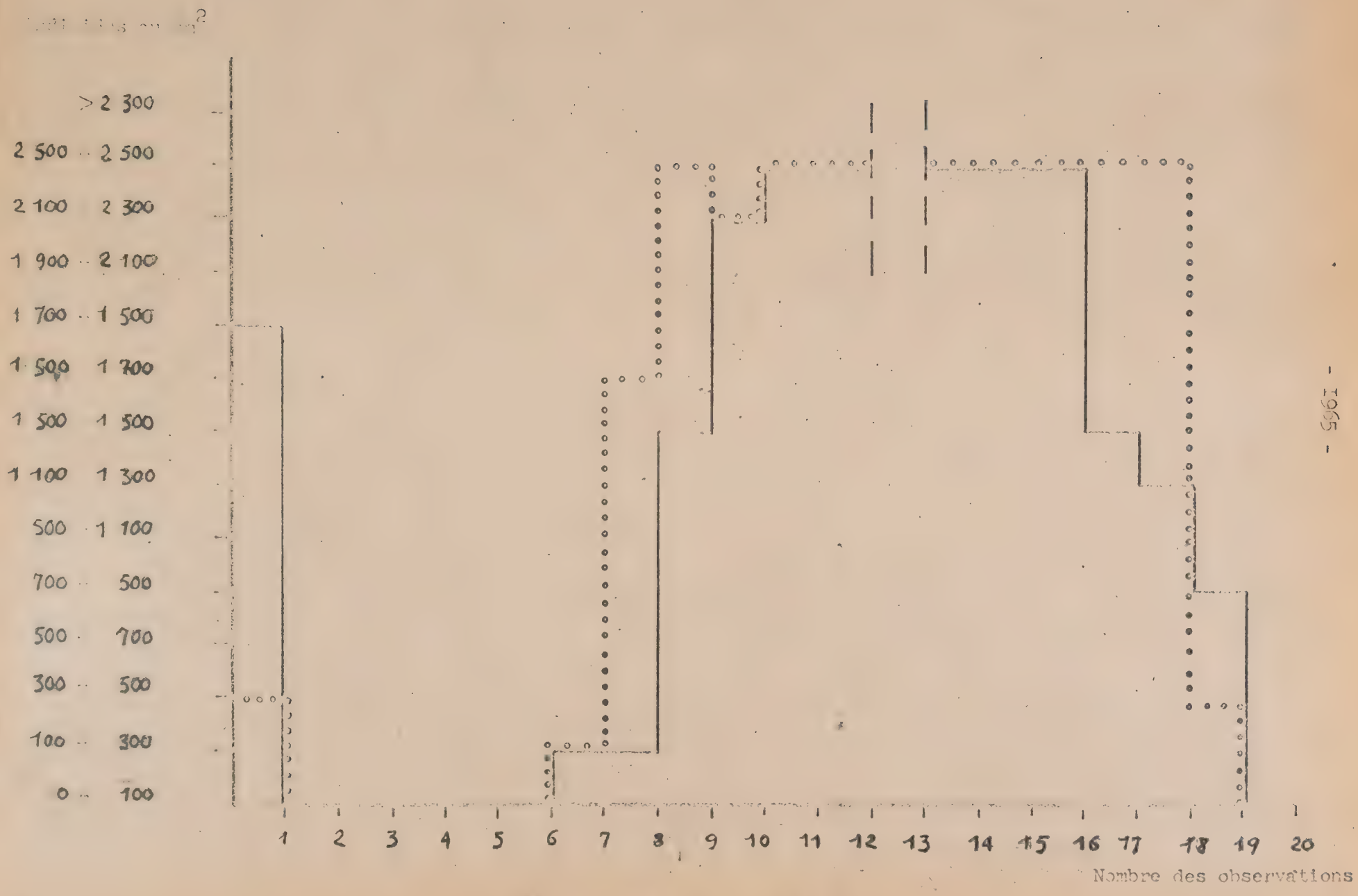
Cocconcis



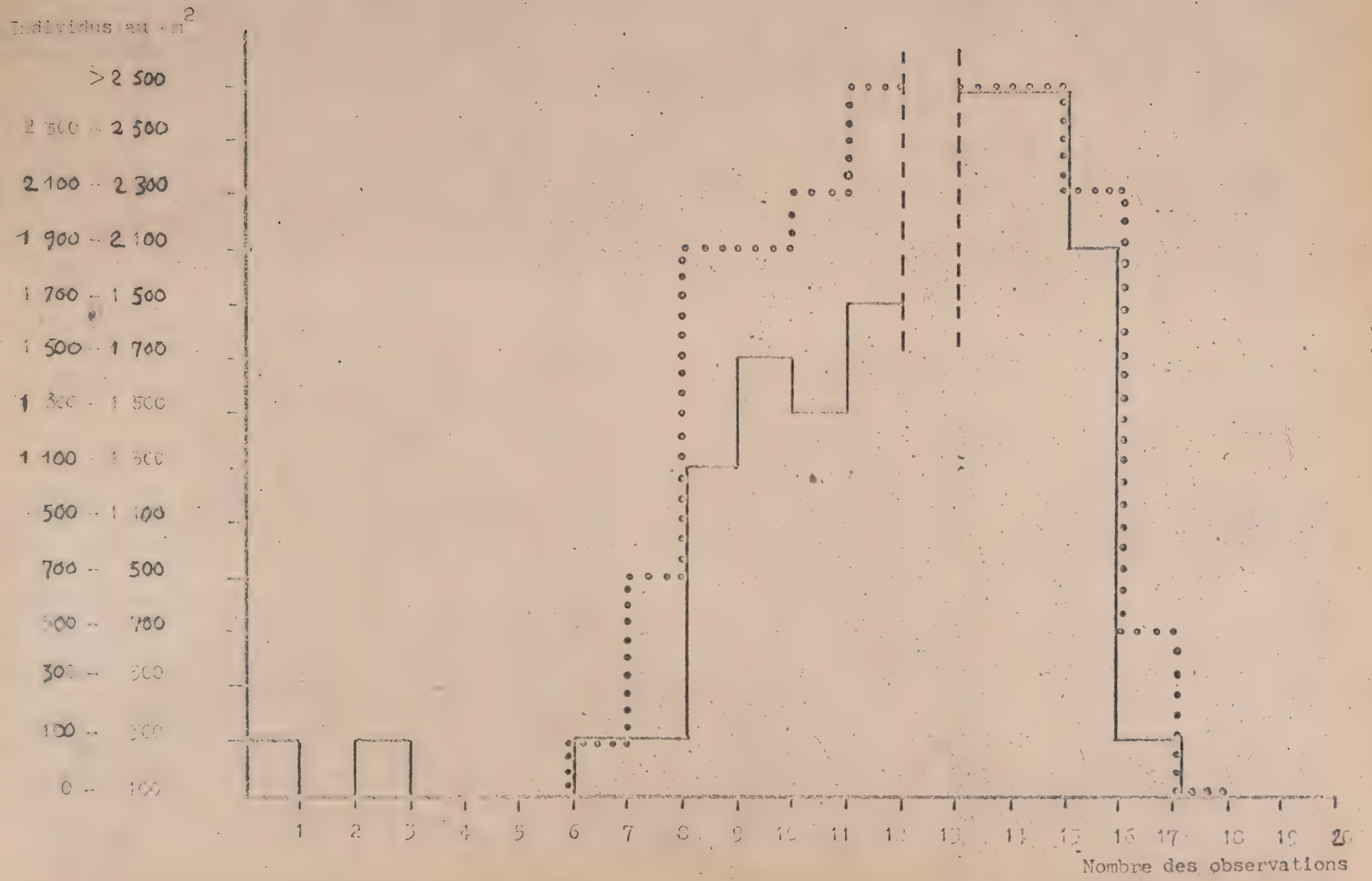
Melosira varians



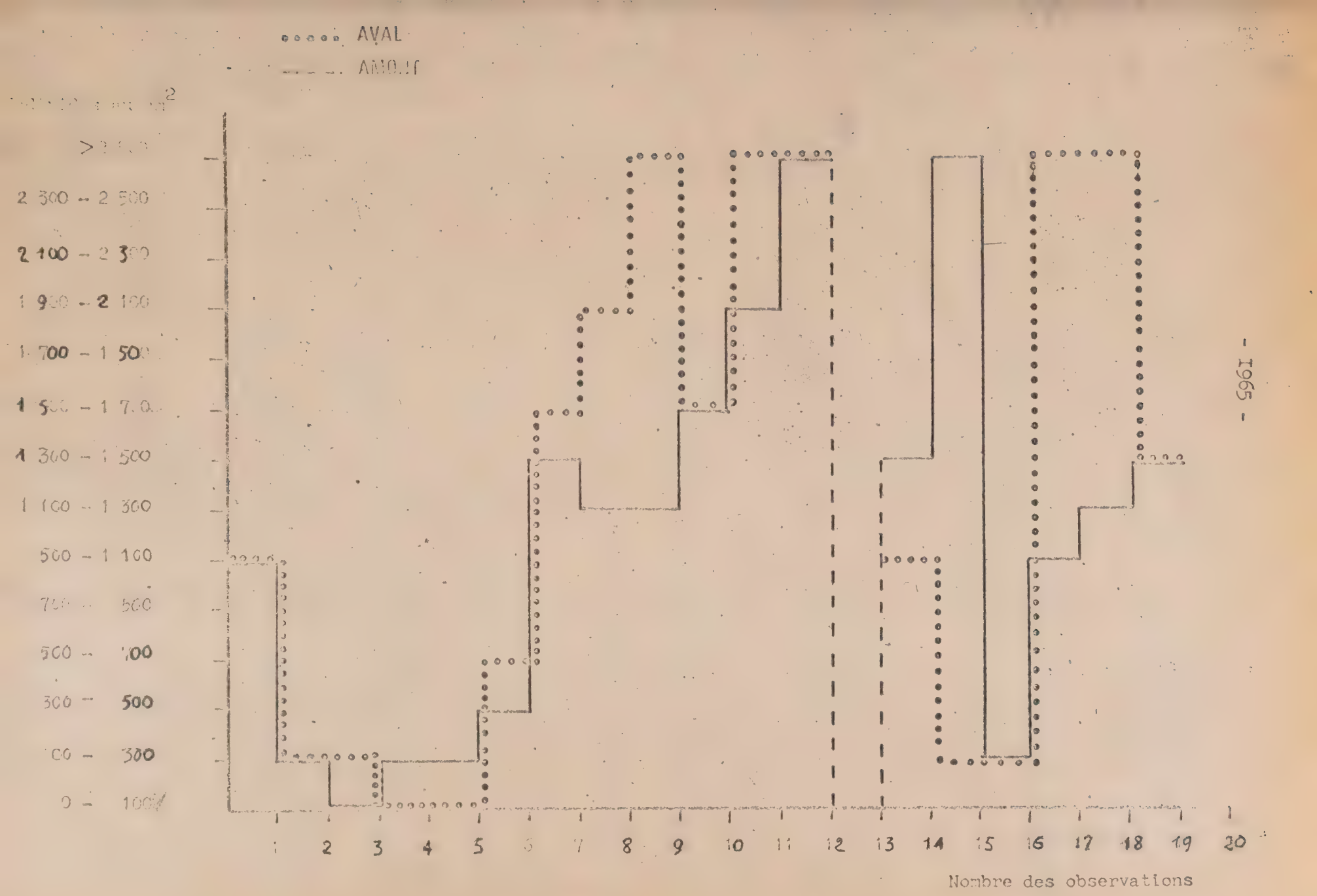
Navicula rhyncocephala



Synedra ulna



Rhoicosphenia curvata



Diatoma vulgare

EXPLOITATION DES RELEVES D'ALGUES SUR PLAQUES PENDANT L'ANNEE 1966

Comme pour les années précédentes nous avons gardé des points de référence identiques sur le canal de DONZERE-MONDRAGON qui sont toujours désignés par :

- point amont
- point de rejet
- point aval

L'exploitation des résultats des comptages sur lamelles est faite au moyen d'un tableau général donnant le nombre d'individus comptés par espèce, et de graphiques indiquant l'évolution parallèle des densités à l'unité de surface entre les différents points de contrôle et en fonction de la saison.

Un graphique a été établi par espèce d'algue retenue. Il faut signaler que les résultats sont très nets pour le premier semestre, on ne peut en dire autant pour le second en raison de la suppression de certaines observations qui laissent des "trous" dans les résultats.

En effet pendant l'été et l'automne 1966 nous avons eu des difficultés pratiques pour le maintien en place des lames et pour leur exploitation :

- D'une part nous avons assisté à des baisses de niveau du canal par suite de la diminution du débit, extrêmement important par rapport aux années précédentes. Ces variations piézométriques ont entrainé à plusieurs reprises une exondation des lames et une dessication des cultures qu'elles portaient.

D'autre part desdifficultés d'effectifs n'ont pas permis de relever assez tôt les dispositifs et les lames étaient inexploitables et illisibles en raison de l'excès de colonisation qu'elles portaient qui rendait tout comptage impossible.

Le dispositif d'immersion à niveau constant n'a pu être mis en place en 1966 en raison d'ennuis techniques et des délais administratifs nécessaires pour obtenir les autorisations correspondantes.

.../

Les différentes espèces d'algues pour lesquelles nous avons établi une fiche d'exploitation graphique sont les suivantes :

- Cocconeis
- Gomphonema geminatum
- Navicula radiosa
- Cosmarium
- Navicula Rhyncocephala
- Melosira varians
- Synedra ulna
- Cymbella cistula
- Diatoma elongatum
- Rhoicosphenia curvata
- Diatoma vulgare
- Cymatopleura solea

1°) - COCCONEIS -

Si l'on considère l'évolution des Cocconeis dans les eaux du canal de DONZERE-MONDRAGON on peut faire les observations suivantes :

- Jusqu'au 8 Mars les eaux sont relativement froides et le nombre d'individus est inférieur à 100 au cm^2, il y a parallelisme complet entre les 3 courbes c'est-à-dire que pratiquement la population de Cocconeis est identique.

- Le 29 Mars on observe déjà une augmentation rapide des populations l'aval restant en dessous de l'amont et le point de rejet également (250 individus par rapport à l'aval et 750 par rapport à l'amont).

- Le 27 Avril par contre c'est le point de rejet qui présente le plus d'individus (2 000) alors que l'amont et l'aval sont nettement plus bas. Peut-être faut il y voir une influence de la température des eaux rejetées qui sont légèrement plus chaudes que celles du canal ?

- Le 8 Juin les chiffres les plus élevés sont fournis par le point aval et le point de rejet, le point amont étant à 835 individus contre 2 500 et I I00. Il s'agit là sans doute de la diminution de vitesse du courant vers l'aval, phénomène que nous avons constaté les années précédentes.

A partir de ce moment nous observons une baisse progressive des Cocconeis, avec des difficultés d'interprétation dues aux accidents pratiques que nous avons signalés, mais en fin d'année nous retrouvons un bon parallélisme des courbes pour les trois points de comparaison.

.../

2°) - GOMPHOMENA GEMINATUM -

En Janvier et Février la densité de colonisation sur support est plus grande au point de rejet et au Nord qu'à l'aval.

A partir du 8 Mars c'est l'aval qui augmente dans des proportions importantes tandis que amont et point de rejet présentent les mêmes chiffres, le 29 Mars le point de rejet devance les autres points de référence avec une amplitude de 700 individus.

Le relevé du 8 Juin indique une chute assez nette au point de rejet alors que amont et aval se comparent assez bien.

3°) - NAVICULA RADIOSA -

Il est regrettable que les observations pour cette espèce aient été interrompues le 7 Juillet et du I5 Août au 22 Novembre car les courbes de colonisation sont rigoureusement parallèles aux trois points surveillés, à une exception, le point de rejet qui le 29 Mars présente une colonisation plus importante que l'amont et l'aval qui se superposent bien.

Cette similitude de densité démontre que les conditions physico-chimiques du milieu ont été identiques pendant toute la durée d'observation et que d'autre part l'influence de la température et des possibilités du milieu sont assez nettes pour donner une courbe d'évolution générale de Navicula radiosa : augmentation assez rapide du nombre d'individus en fonction de la température, stabilisation pendant l'été et décroissance à l'automne.

4°) - COSMARIUM -

Même observation que pour l'espèce précédente l'évolution du peuplement est pratiquement identique aux trois points.

Les lames du point de rejet qui ont indiqué une colonisation plus importante en Avril (influence de la température ? même phénomène que pour Cocconeis) montrent la même densité qu'aux deux autres points au mois de Juin. Au mois de Septembre une diminution globale commence à se manifester.

5°) - NAVICULA RHYNCOCEPHALA -

Les comptages effectués au cours des observations réalisées indiquent un parallélisme relatif des courbes de densité très satisfaisant avec toujours une légère prédominance du point de rejet au mois de Mars qui semble confirmer l'hypothèse d'influence thermique.

.../

6°) - MELOSIRA VARIANS -

Courbes parallèles extrêmement intéressantes montrant que pour cette espèce comme pour Navicula Radiosa et Rhyncocephala) le maximum de densité de colonisation se situe au-dessus de 5 000 individus au cm^2, et que la santé du milieu, en relatif est excellente et comparable aux trois points de contrôle.

7°) - SYNEDRA ULNA -

Même allure générale, mêmes observations que pour les espèces précédentes confirmant le diagnostic déjà posé.

8°) - CYMBELLA CISTULA -

Diagramme caractérisé par une chute relative du nombre d'individus le 29 Mars par rapport au 8, particulièrement sensible au point de rejet. Il peut s'agir d'une influence globale puisque le décrochement est général vraisemblablement dû à une concurrence biologique ou à une pollution, les autres espèces observées, ne montrant pas à cette époque d'arrêt dans leur croissance.

9°) - DIATOMA ELONGATUM -

Montée rapide au point de rejet au mois de Février, chute de 800 individus le 8 Mars puis remontée rapide jusqu'au 29 Mars où on dépasse déjà les 5 000 individus, en Septembre et Octobre diminution normale et identique aux trois points.

I0°) - RHOICOSPHENIA CURVATA -

Courbes exploitables jusqu'au mois de Juin où rien d'anormal n'est décelé.

II°) - DIATOMA VULGARE -

Le graphique représentant les variations de densité de population au cm^2 de l'espèce Diatoma vulgare est très intéressant à analyser car il nous permet de préciser ce que nous avions pressenti au sujet de Cymbella cistula :

- Du 9 Février au 2 Mars développement normal et parallèle avec passage de 800 à 2 500 individus.

- Du 8 au 29 Mars chute de 2 500 à I500, de 2 000 à I I00 de 2 000 à 800 pendant la même période que celle où Cymbella cistula avait indiqué un fléchissement analogue, le point de rejet décrochant

.../

moins, mais par contre mettant plus longtemps pour se rétablir puisqu'il lui faudra attendre le 8 Juin pour "rejoindre" l'aval et l'amont alors que ceux-ci avaient retrouvé leur équilibre normal dès le 27 Avril. Il se pourrait donc bien que l'on se trouve là, en face d'une légère augmentation de la pollution du fleuve pendant cette période et que l'addition à la charge générale de la charge partielle venant du point de rejet ait ralenti la "reprise" du développement de Diatoma vulgare, alors qu'auparavant elle passait inaperçue. Il ne s'agit là que d'une hypothèse, la seconde provenant d'une concurrence vitale avec d'autres espèces. Quoi qu'il en soit le phénomène était de faible portée puisque la majorité des espèces recensées n'en a ressenti aucun effet et tout au plus cela nous permet-il de dire que : Diatoma vulgare, Diatoma elongatum et Cymbella cistula semblent plus fragiles et sensibles aux modifications écologiques que les précédentes.

I2°) - CYMATOPLEURA SOLEA -

Nous avouons que l'exploitation de ce graphique est pratiquement impossible notamment pour Septembre et Octobre où la courbe du point de rejet remonte alors que les autres baissent ce qui semble aberrant. Peut-être si nous avions des observations entre le 8 Juin et le I5 Septembre pourrions nous en tirer des conclusions ce qui n'est pas le cas.

Pour l'exploitation des résultats de I965 nous avons tracé une courbe par groupement de 200 individus en supprimant le point de rejet où théoriquement la concentration des polluants devrait être plus importante. Si nous faisions la même chose pour I966 cela nous donnerait des résultats semblables, ce qui sur le plan pratique de la détection des pollutions chroniques pourrait suffire en comparant l'amont et l'aval.

L'examen détaillé de la situation du point de rejet nous ayant révélé certains phénomènes intéressants nous estimons que dans le cadre d'une étude tout au moins, il est bon de continuer à le prendre en considération.

Mais si l'on voulait généraliser pratiquement cette méthode de contrôle l'exploitation de deux points suffirait à condition de les choisir judicieusement en tenant compte des caractères limnologiques et hydrauliques du cours d'eau considéré.

Pour I966 dans le cadre des essais que nous avons menés on peut donc constater qu'il n'y a pas eu de variation significative et permanente d'un point (rejet, aval) par rapport au point de référence (amont) et qu'il n'existe donc pas de pollution chronique due aux rejets considérés.

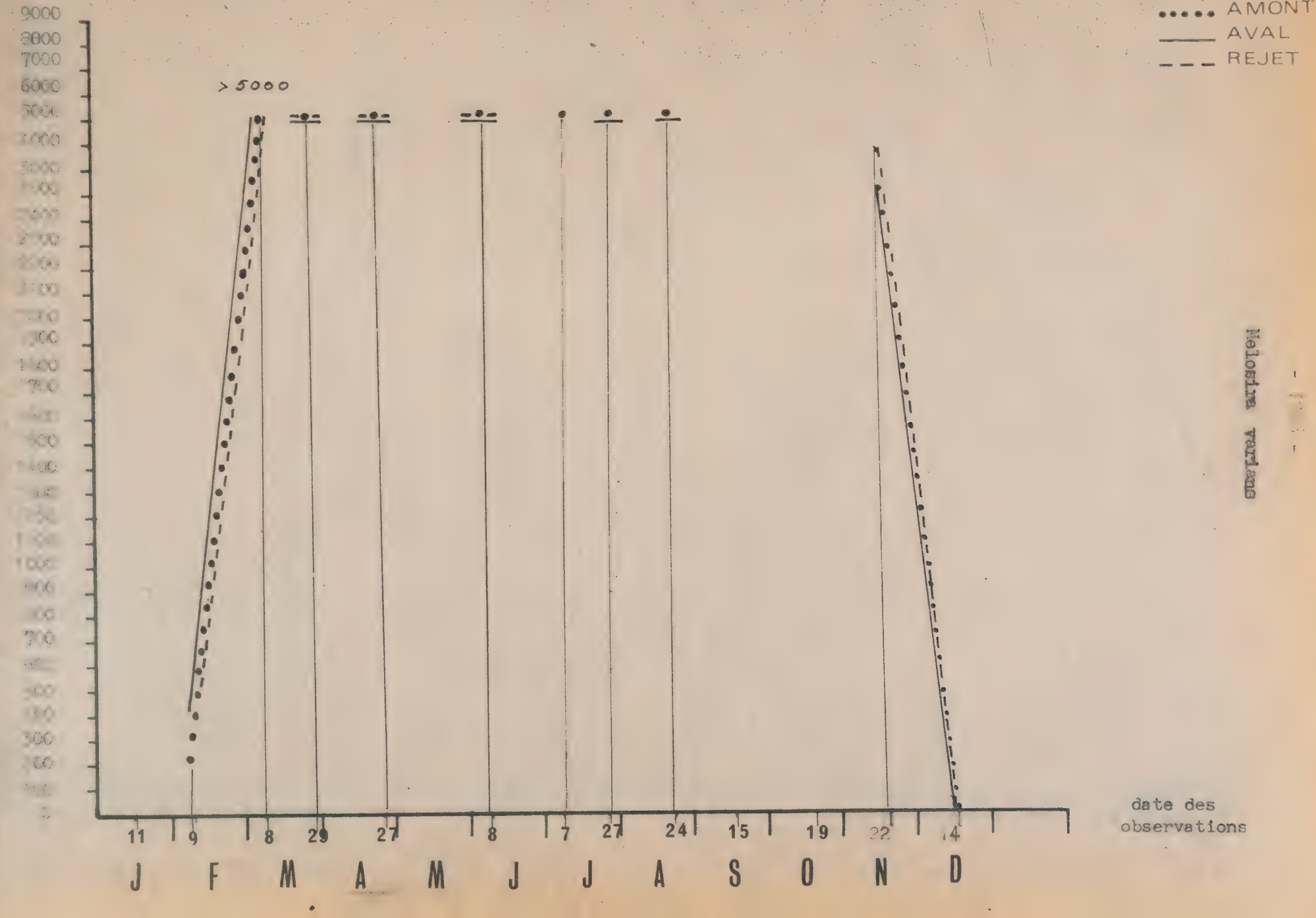
L'expérience nous a montré qu'une variation même limitée du pH entraînait une diminution de la colonisation de l'ordre de plusieurs milliers d'individus, il en est de même pour de nombreux toxiques minéraux et organiques.

NOMBRE D'INDIVIDUS PAR CM² AU COURS DES DIFFERENTES IMMERSIONS

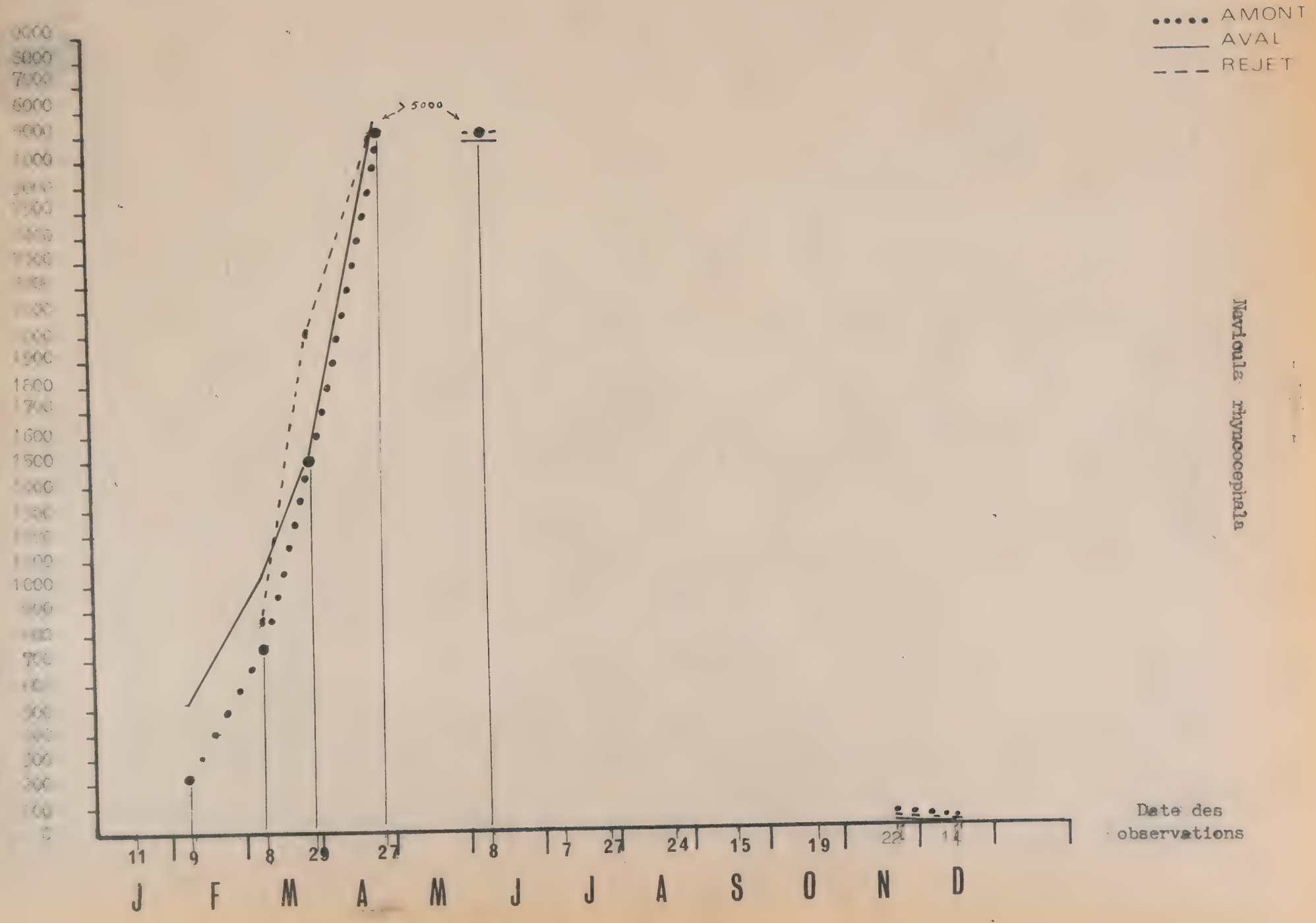
- 1966 -

		2/2 au 9/2	9/2 au 8/3	8/3 au 29/3	29/3 au 27/4	27/4 au 8/6	8/6 au 7/7	7/7 au 27/7	27/7 au 24/8	24/8 au 15/9	15/9 au 19/10	19/10 au 22/11	22/11 au 14/12
Navicula Radiosa	N	790	3800	2050	> 5000	> 5000		> 5000	> 5000			1512	1
	R	1050	3500	3000	> 5000	> 5000						773	6
	S	950	3500	2000	> 5000	> 5000		> 5000	> 5000			1200	5
Navicula Rhynocephala	N	234	732	1500	> 5000	> 5000						52	4
	R		854	2000	> 5000	> 5000						23	2
	S	525	1050	1500	> 5000	> 5000						19	5
Diatoma vulgare	N	854	2000	1100	3000	3000	> 5000	> 5000	> 5000	2800	1200		7
	R	785	2500	1500	1500	3500				3200	950		5
	S	1022	2000	850	2500	> 5000		> 5000	> 5000	3000	2200		8
Diatoma elongatum	N	1500	1500	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000	1500	284		5
	R	2300	1500	> 5000	> 5000	> 5000				2300	336		5
	S	1700	2050	2000	> 5000	> 5000		> 5000	> 5000	1700	253		11
Cymatopleura Solea	N	1	1		18	12				24	13		2
	R		2	17	21	5				8	23		2
	S	11	1	8	14	11				19	8		3
Rhoicosphenia curvata	N			232	854	1500	3500			1700	892		2
	R			128	1500	1500				850	920		2
	S	3		544	1500	1500				2200	1000		12
Cocconeis	N	72	23	1500	1200	835		800	1100	136		183	1
	R	54	21	750	2000	1100						296	1
	S	27	17	1000	125	2500		2000	2300	225		208	2
Synedra ulna	N	12	1050	2000	> 5000	> 5000		> 5000	> 5000			4	2
	R	21	532	2000	> 5000	> 5000						66	1
	S	8	940	2000	> 5000	> 5000		> 5000	> 5000			27	19
Gyrosigma	N	3	1	1	12	1							
	R	7		1	14	8							
	S		1	3	7								
Cymbella cistula	N	27	2000	1500	2500	3000		> 5000	> 5000	1800	1300	7	
	R		2000	750	> 5000	> 5000				2300	850	14	
	S	43	1500	1500	2500	> 5000		> 5000	> 5000	1900	1300	12	
Melosira varians	N	229	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000			2500	7
	R	535	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000						3470	7
	S	428	> 5000	> 5000	> 5000	> 5000		> 5000	> 5000			2500	9
Gomphonema geminatum	N	3			112	8							
	R				17	35							
	S	17	3		234								
	N	894	2000	1000	1200	1200		1400	1800				3
	R	932	2000	1500	1200	254							
	S	231	2500	840	1500	1500		1120	2000				5
Cladophora	N			1	1	4	25						
	R		3	3	1	18							
	S			3	5	2							
Vaucheria	N				2		8			8	12		
	R			1	1	1				17	8		
	S					8				4	13		
Oedogonium	N					1	113						
	R	1	1		8	11							
	S				17								
Cosmarium	N			1	72	133	253			35	37	12	
	R		3	12	251	121				103	42	25	
	S	2		5	54	94				73	28	35	
Closterium	N				2	5	14			23	8		
	R	2				8				14	12		
	S	1	1	11	1	12				17	10		

Individus au cm2 -

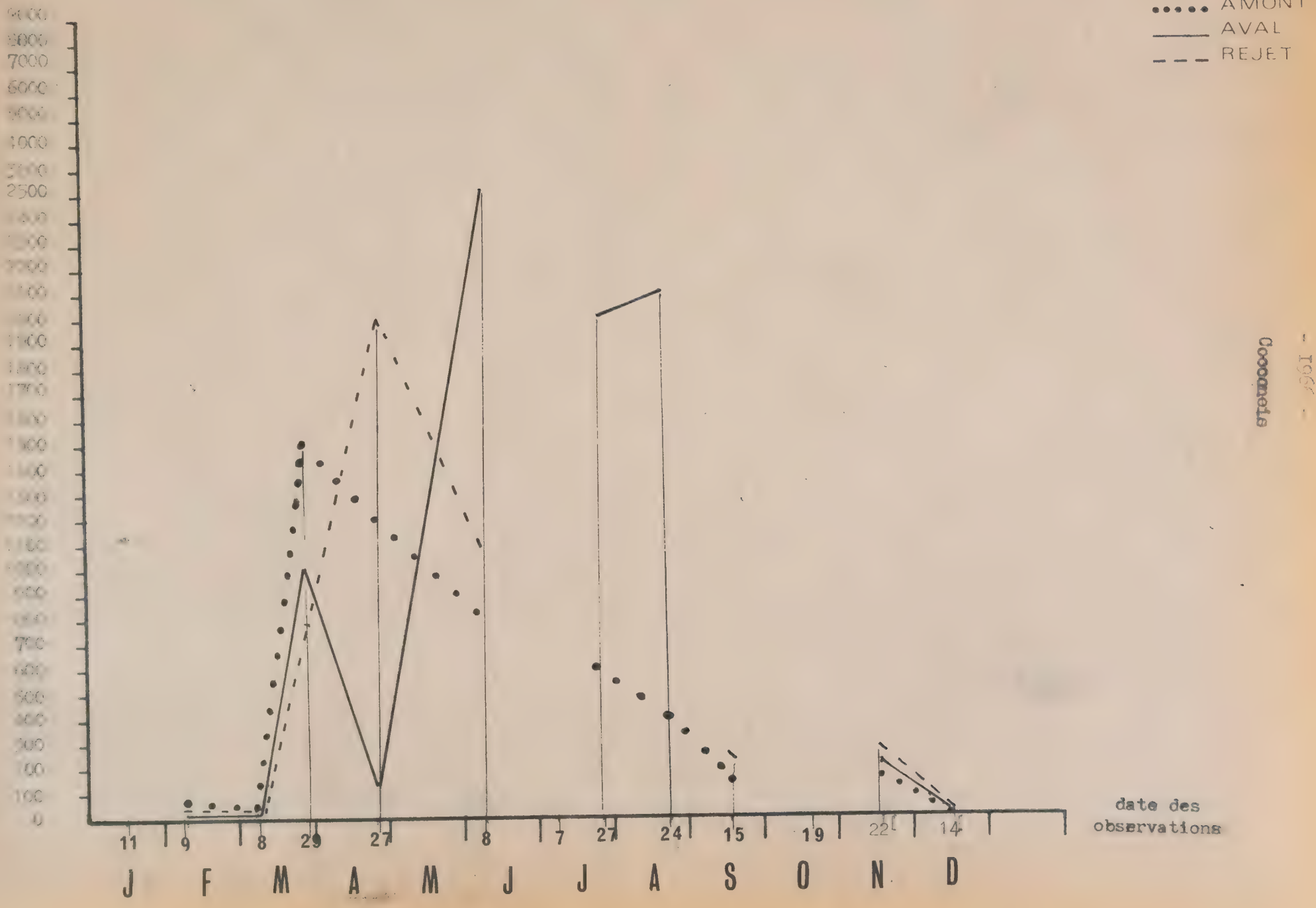


Individus au cm2 -



Navicula rhynocephala

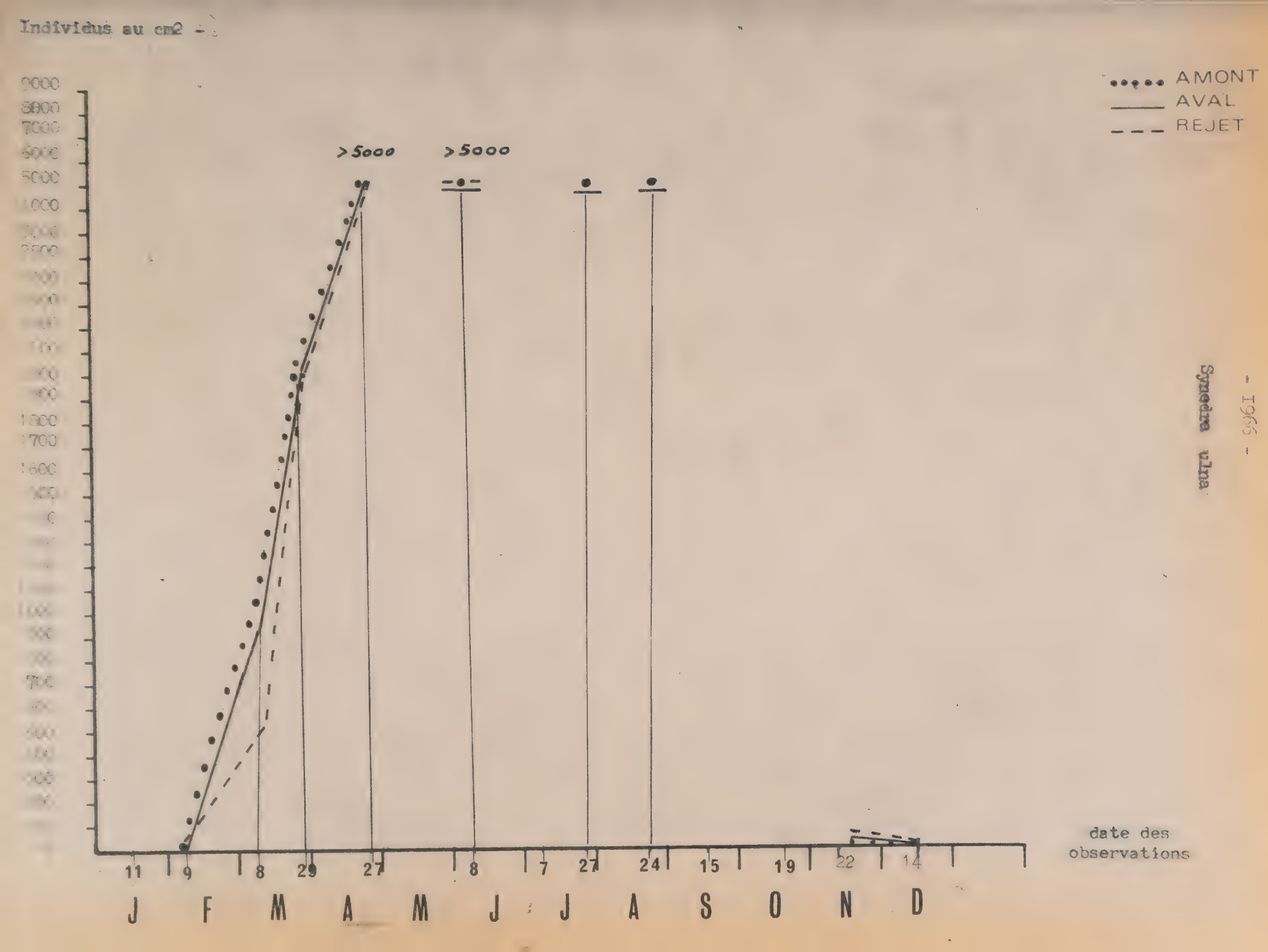
Individus au cm2 -

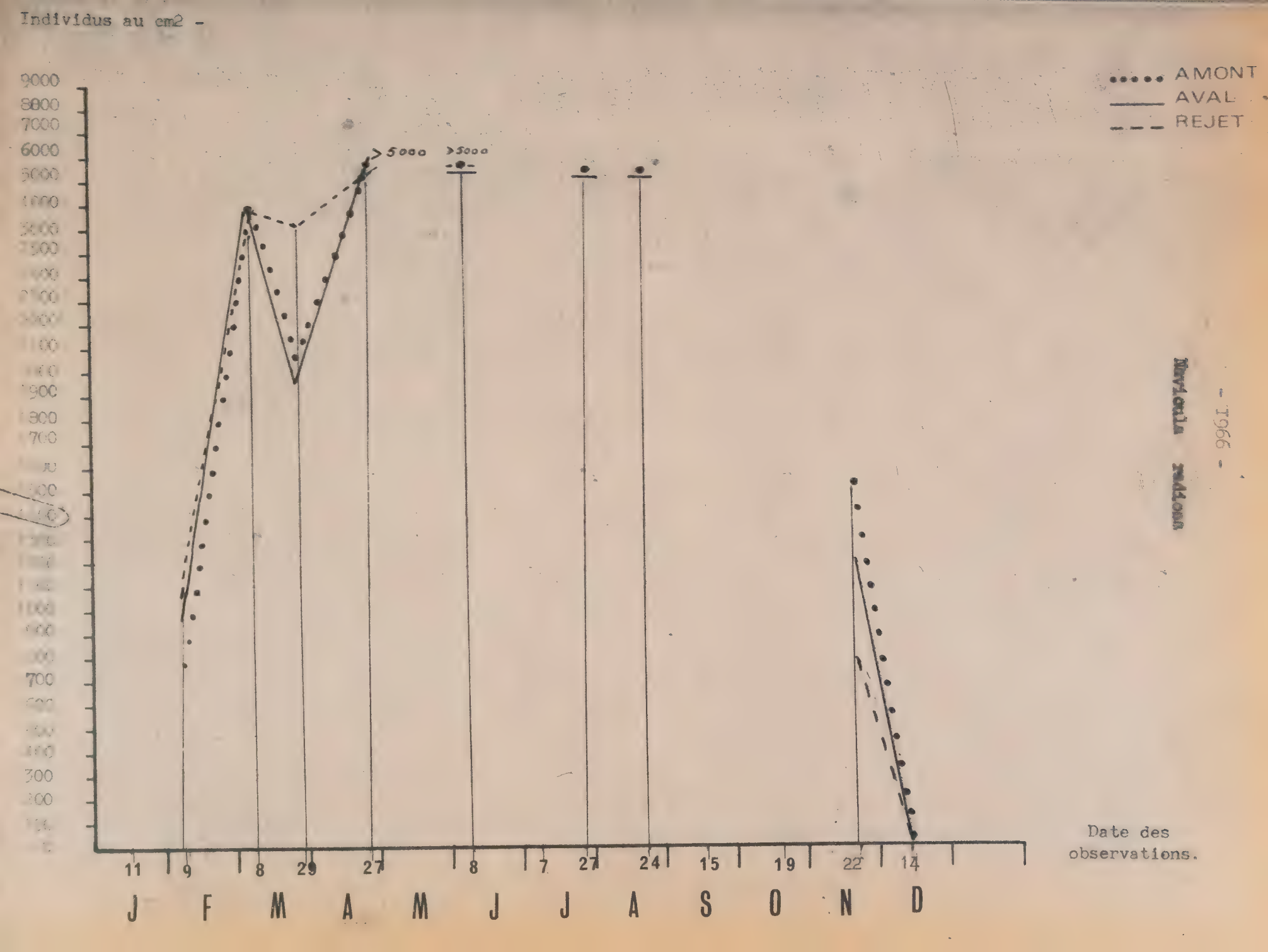


Cocconeis

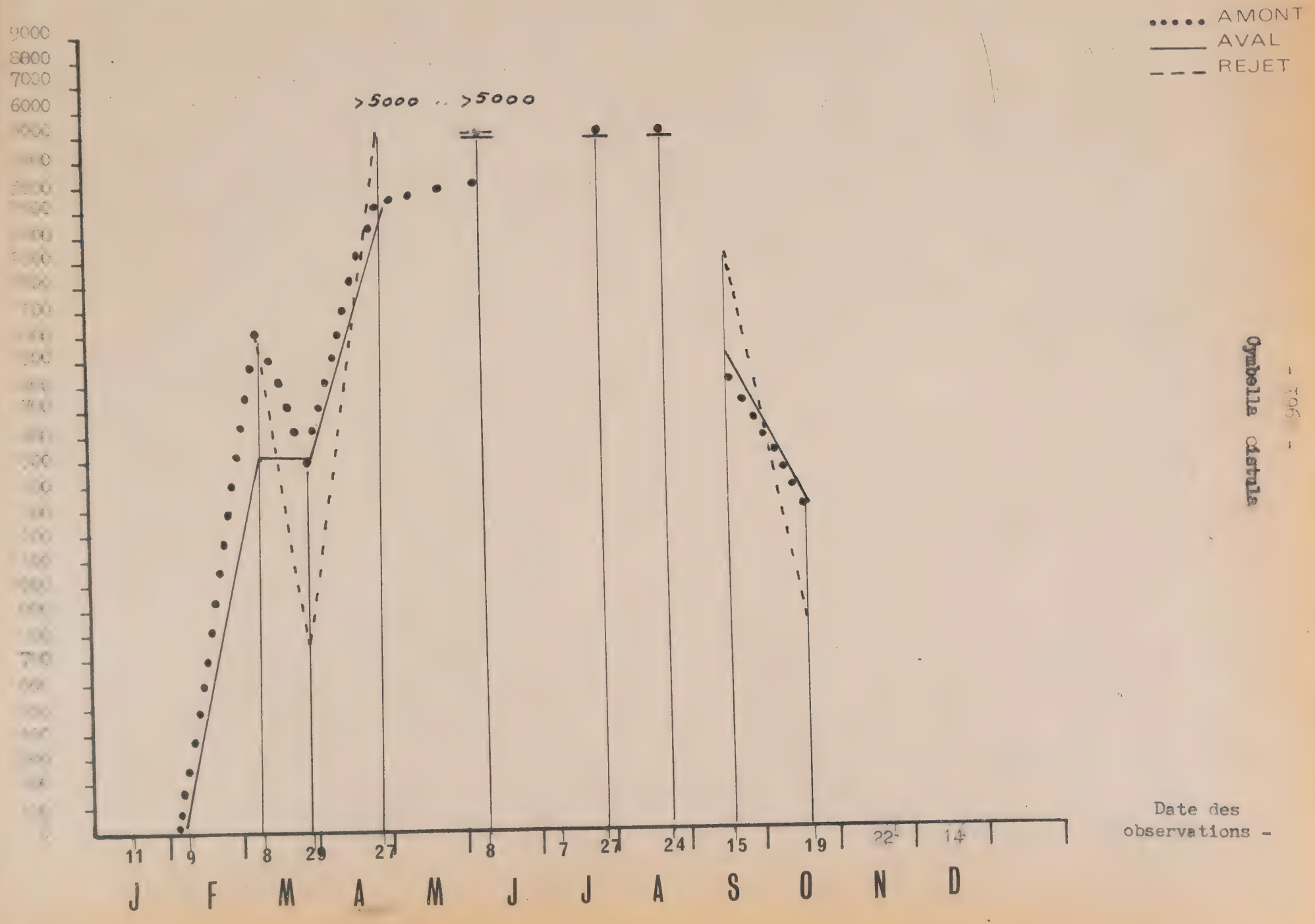
- 1966 -

Synedra ulna




Individus au cm2 -
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2500
2000
1500
1100
1000
900
800
700
300
AMONT
AVAL
REJET
>5000
>5000
11
9
8
29
27
8
7
27
24
15
19
22
14
J
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
Date des observations.
- 1966 -

Individus au cm2 -



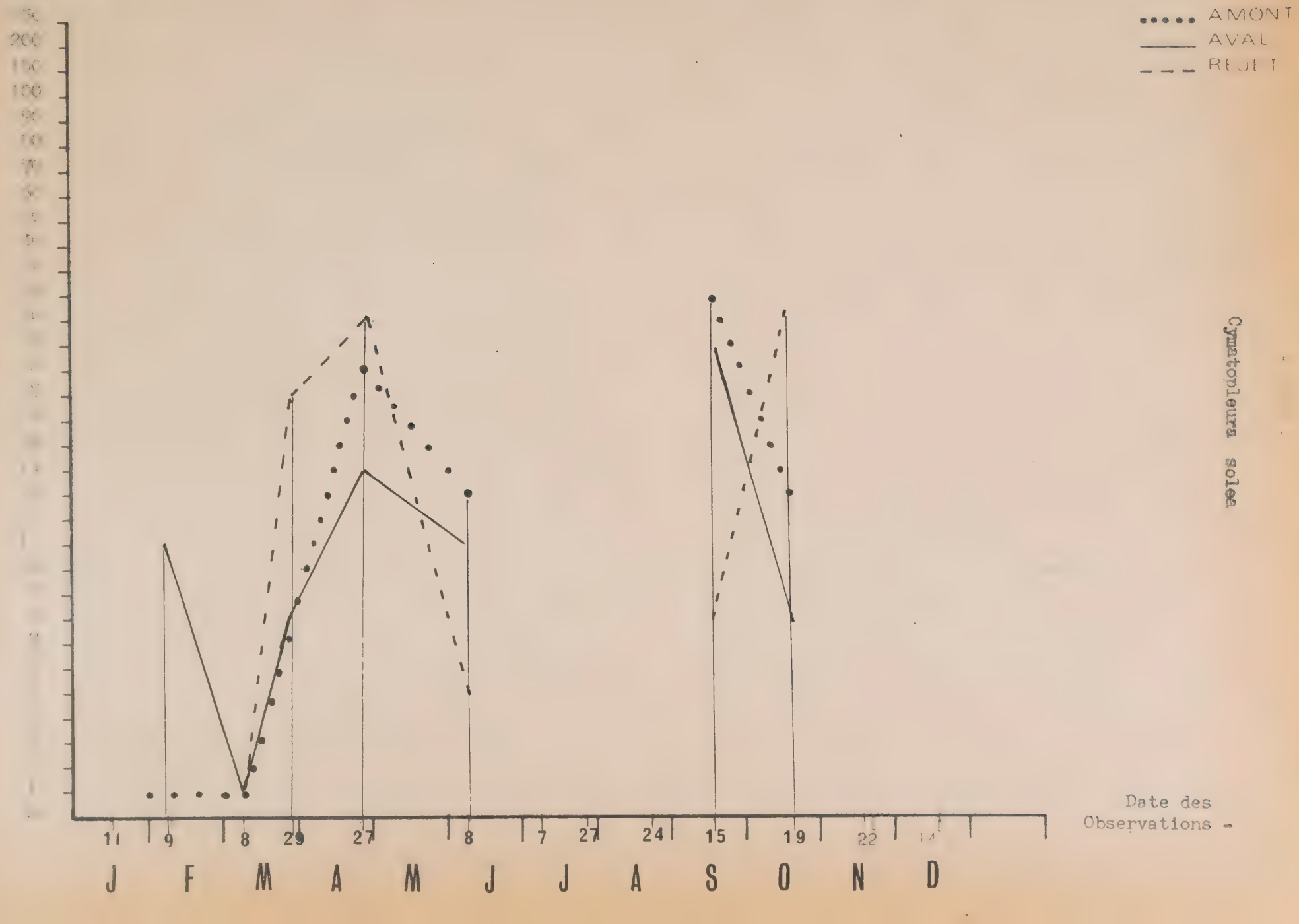
Cymbella cistula

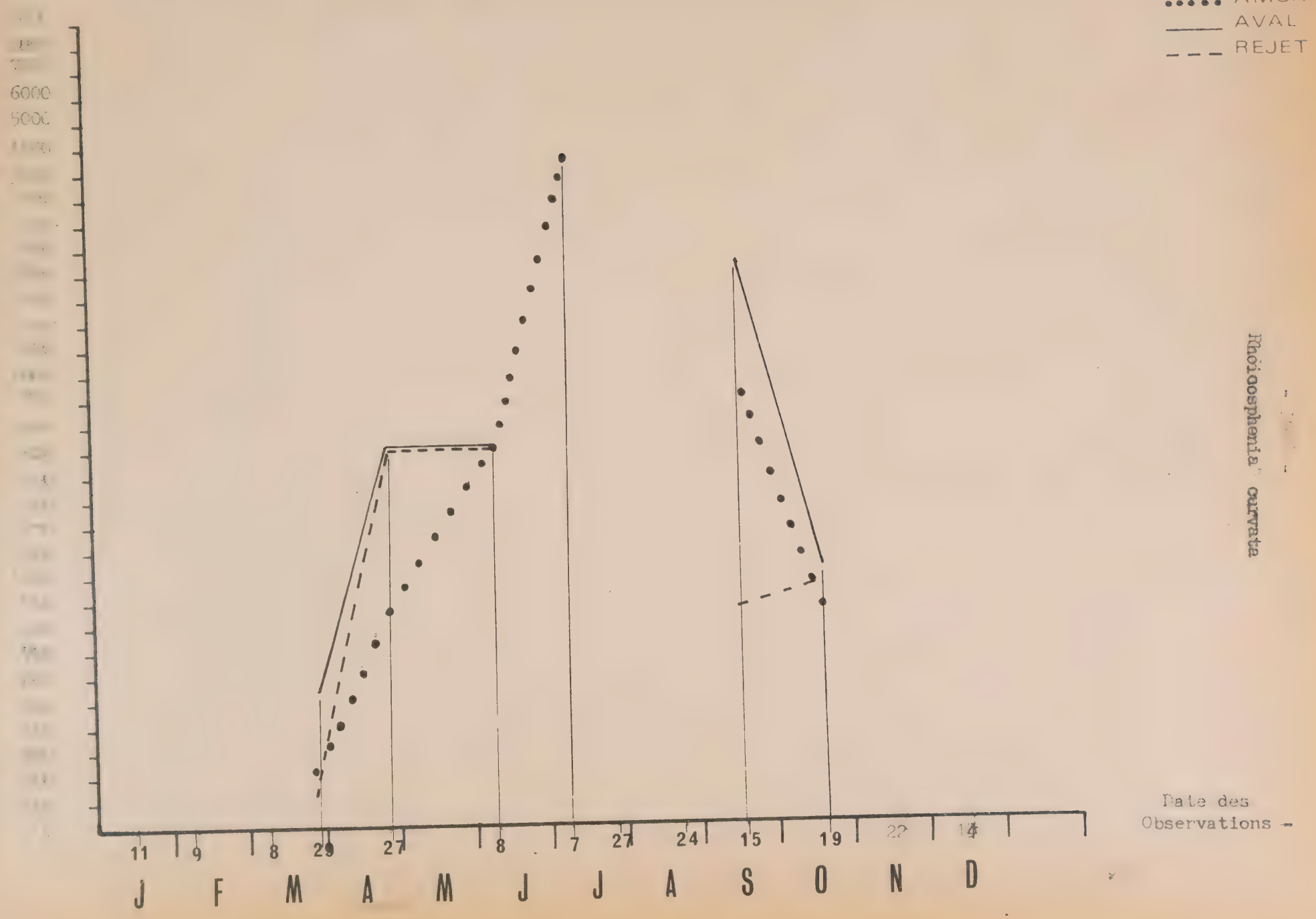
- 96 -

Date des observations -

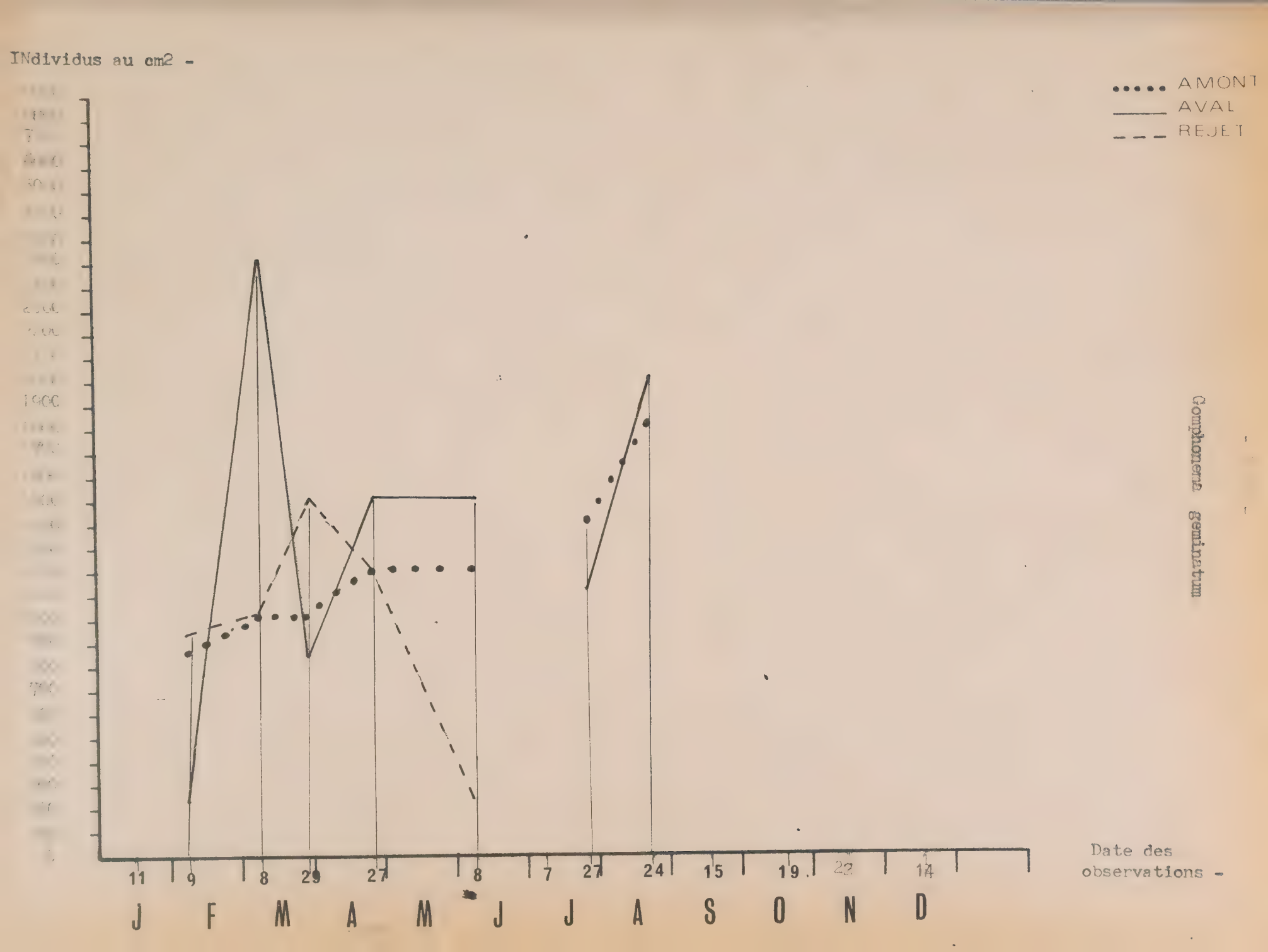
Individus au cm2 -
200
150
100
90
80
AMONT
AVAL
REJET
11
9
8
29
27
8
7
27
24
15
19
22
14
J
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
Date des
Observations -
Cosmarium
- 1966 -

Individus au cm2 -

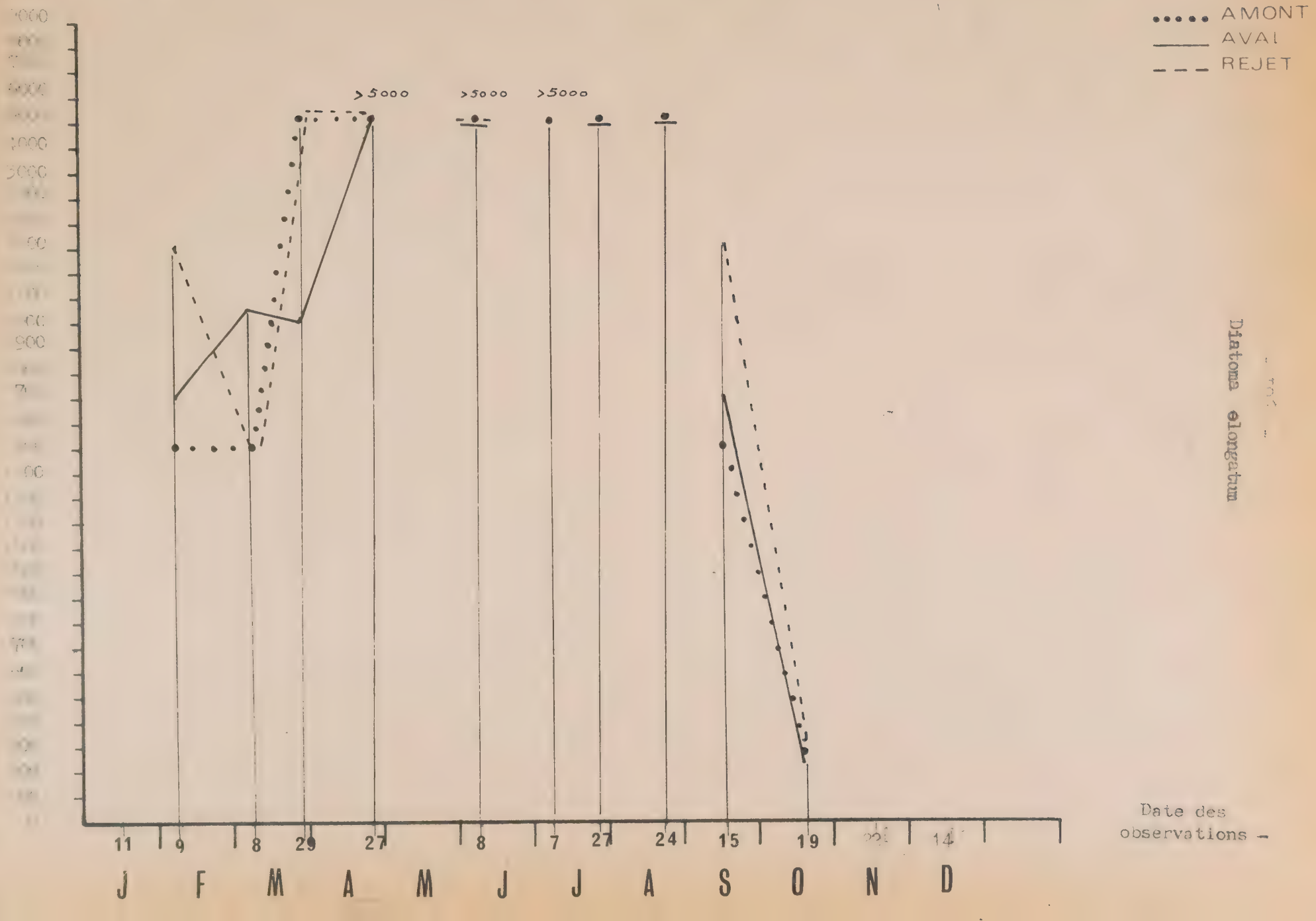



Individus au cm2 -
AMONT
AVAL
REJET
6000
5000
Rhoicosphenia curvata
11
9
8
29
27
8
7
27
24
15
19
22
14
J
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
Date des
Observations -

INdividus au cm2 -

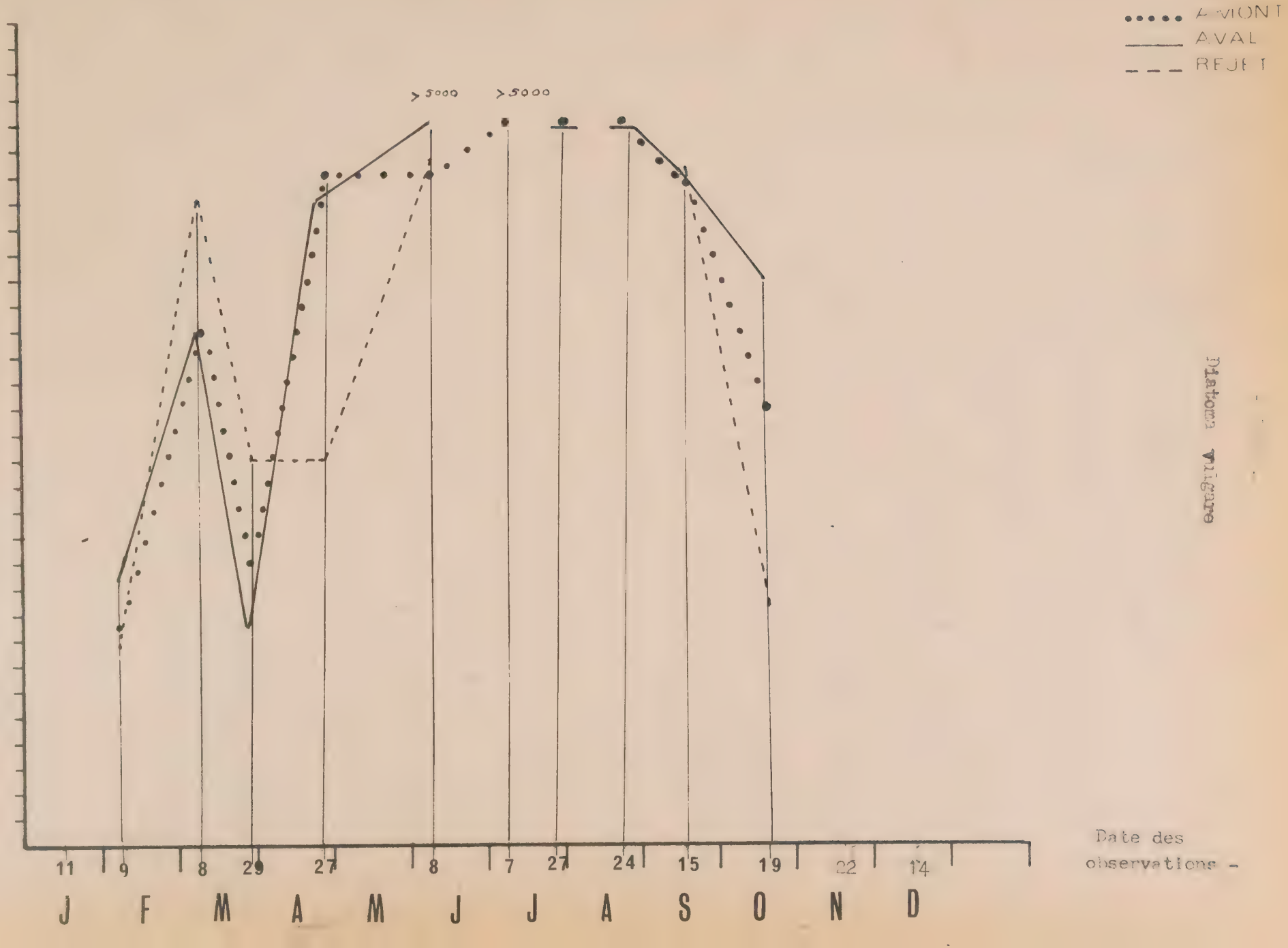


Individus au cm² -



Date des observations -

Individus au cm2



EXPLOITATION DES RELEVES D ALGUES SUR PLAQUES PENDANT L'ANNEE 1967

Nous avons procédé à la numération des plaques immergées de la même manière que les années précédentes.

Il faut signaler cependant un élément différent qui a perturbé les bases de comparaison entre le point amont et le point aval jusqu'en Octobre :

- Au début de l'année nous avons pu installer un dispositif d'immersion des nasses porte-lames à niveau et orientation constante au point aval.

Grâce à cette installation l'éclairement des populations est toujours le même et la profondeur invariable.

Par contre nous n'avons pu équiper le point amont de la même manière qu'à l'automne ce qui fait que les résultats amont, en valeur relative par rapport à ceux d'aval ont été légèrement différents ce qui explique certaines anomalies des relevés. En effet les nasses amont étant mobiles n'étaient pas toujours au même niveau et se trouvaient quelquefois à l'ombre des piles du pont.

Cependant, en fin d'année la comparaison amont - aval, avec le même équipement est significative et le parallélisme très bon.

En 1967 les algues qui ont été particulièrement suivies sont :

- Diatoma elongatum
- Navicula radiosa
- Melosira varians
- Oscillatoria
- Diatoma vulgare

1°) - DIATOMA ELONGATUM -

Si l'on examine l'allure générale de la courbe de densité on s'aperçoit que, à part la période de Juillet - Août pour les points rejet et aval, il faut attendre la fin de l'année pour trouver une bonne concordance des graphiques qui correspond à la mise en service de l'installation à niveau constant du point Nord.

.../

2°) - NAVICULA RADIOSA -

Même observation en général, les courbes ne sont exploitables qu'en fin d'année pratiquement. Le point aval en raison de la permanence du positionnement présente une densité de colonisation supérieure à celle des deux autres situations, à l'exception du mois de Mai où le dispositif aval était hors service pour travaux de consolidation de ses supports.

On observe une chute assez générale du nombre d'individus de Navicula radiosa pendant le mois de Novembre aux trois points de référence. Cette diminution peut être due à une plus grande sensibilité au froid de cette espèce mais plus vraisemblablement à un phénomène dépressif d'ordre général car :

- les trois points de référence présentent la même caractéristique pendant cette période,

- à partir du début Décembre on observe une remontée de la densité du périphyton pour d'autres algues à des degrés divers d'ailleurs, bien que la température de l'eau continue à baisser,

- pendant le mois de Novembre le niveau du Canal était particulièrement bas en raison du faible débit (1/3 du débit normal soit $\simeq$ 600 m^3/sec) cette baisse s'accompagne d'une augmentation de la vitesse du courant ce qui pourrait bien être l'explication au déficit constaté.

3°) - MELOSIRA VARIANS -

Bon parallélisme à partir de fin Octobre, baisse de la densité en Novembre avec remontée dans la première décade de Décembre, correspondant à l'augmentation du débit et à la diminution de la vitesse du courant.

A la fin du mois de Décembre nouvelle baisse progressive due cette fois-ci, vraisemblablement à la chute de température des eaux.

4°) - OSCILLATORIA -

A partir de fin Août les colonies d'oscillatoria semblent évoluer de façon identique en diminuant progressivement proportionnellement à l'accroissement du courant.

On peut dire simplement que cette espèce semble réagir plus rapidement que les précédentes à la vitesse de l'eau car elles ont eu tendance à disparaître dès le début de la baisse des eaux alors que le Melosira et Navicula n'ont évolué que plus tard, fin Octobre.

.../

5°) - DIATOMA VULGARE -

L'allure générale de la courbe de variation de cette espèce présente des "dents de scie" particulièrement nettes.

Ce phénomène se produit de façon générale pour la majorité du phytoplancton mais il est particulièrement accusé chez cette espèce.

Il est vraisemblable qu'il existe plusieurs causes à ces fluctuations: antagonismes,toxines, appauvrissement local du milieu, cette dernière explication ne semblant d'ailleurs pas s'appliquer au cas d'un cours d'eau à débit élevé.

A partir d'Octobre on peut voir aussi, la bonne concordance des résultats amont et aval, due aux conditions identiques de "végétation" du périphyton sur ses supports dans le milieu

-. Cela peut d'ailleurs servir de conclusion aux observations effectuées pendant l'année 1967,il est indispensable pour l'application de cette méthode que les conditions d'exposition soient strictement identiques afin que les variations éventuelles soient imputables uniquement à la composition chimique des eaux ou à leurs caractéristiques physiques.

C'est d'ailleurs là que réside la principale difficulté pour les cours d'eau importants.

On peut également, à la lumière de l'expérience acquise, se contenter de deux points de contrôle pour un rejet d'effluents liquides : l'amont et l'aval.

L'habitude aidant, un observateur averti pourra assez rapidement poser un diagnostic global sur une éventuelle pollution chronique.

- CONFIRMATION EXPERIMENTALE - Pour cela il était nécessaire de confirmer pratiquement ce qui se produit lorsque le cours d'eau est effectivement pollué par un rejet. Nous avons donc procédé à une expérimentation sur une portion de petite rivière consistant à rejeter dans cette dernière une eau plus chargée en matières organiques et possédant un pH plus élevé que l'eau normale de ce système.

.../

Des lames porte-nasses étaient immergées à l'amont et à l'aval du point de rejet, les résultats obtenus ont été les suivants pendant la période considérée de fin Avril à début Juillet.

Pour cet essai nous avons observé seulement trois espèces d'algues les plus représentatives du milieu considéré :

- Diatoma vulgare
- Navicula radiosa
- Cocconeis

Les résultats sont les suivants :

a) - DIATOMA VULGARE -

La différence de densité de colonisation entre l'amont et l'aval est très nette.

Au début de l'expérience les deux courbes ont tendance à évoluer parallèlement mais tandis que les algues du point amont évoluent favorablement et présentent le maximum d'individus au centimètre carré (420) à la fin de Mai, celles du point aval tendent vers 0 à cette même date montrant ainsi la sensibilité de l'espèce considérée.

Après cette date les "Diatoma vulgare" de l'amont évoluent normalement alors que celles de l'aval ne réapparaissent pas.

b) -NAVICULA RADIOSA -

Pour cette espèce on observe le même phénomène d'ensemble. La colonisation amont est extrêmement importante pendant la période considérée (de 7 000 à 60 800 individus au cm^2), alors qu'à l'aval le maximum se situe à 1 630 individus au début Mai. Après cette date se produit une chute brutale et l'espèce disparait pratiquement à l'exception d'une période au début Juin où une très légère remontée se manifeste.

Dans ce cas également l'explication est très nette, les modifications des caractéristiques de l'eau entre l'amont et l'aval ont été néfastes à Navicula Radiosa et la comparaison permet de constater une influence indéniable sur le milieu bien qu'apparemment rien ne le laisserait supposer si l'on considère la macrofaune ou la flore aquatique supérieure.

c) - COCCONEIS -

Le phénomène dans ce cas est complètement inversé, en ce sens que l'on compte beaucoup plus de Cocconeis au point aval qu'à l'amont.

.../

Cela s'explique d'ailleurs parfaitement par le fait que l'on rencontre surtout de fortes densités de Cocconeis dans les eaux polluées et que cette espèce dans le système des saprobies peut être considéré comme indicatrice d'eaux à tendance d'eutrophisation assez avancée.

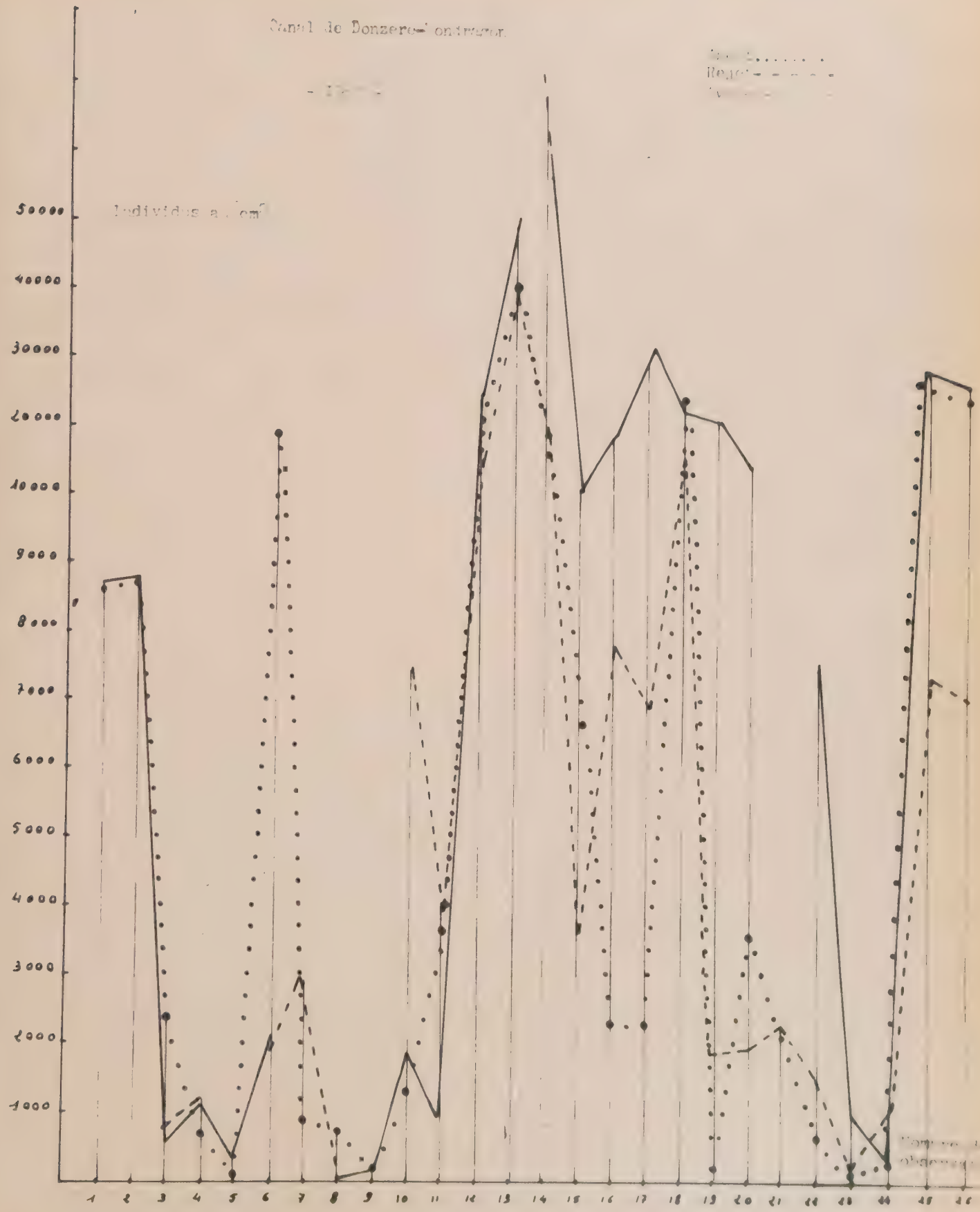
En résumé cet essai de pollution relative semble intéressant car il démontre, autrement qu'en laboratoire, la sensibilité des algues du périphyton aux polluants et l'efficacité de ce moyen de contrôle dans le cadre de l'étude des pollutions chroniques.

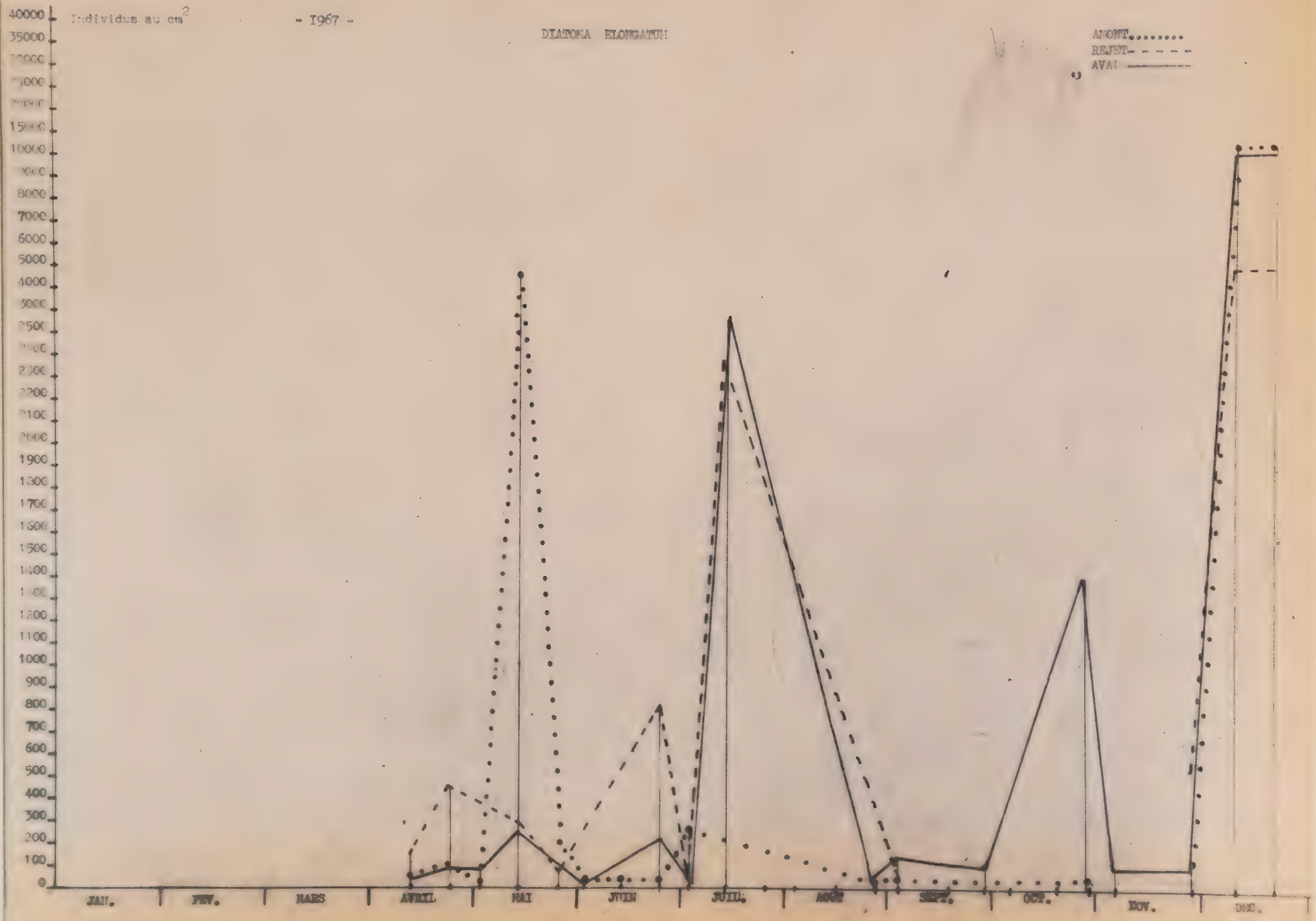
-:-:-:-

Canal de Donzere-Mondragon

Total des individus comptés par point par cm^2

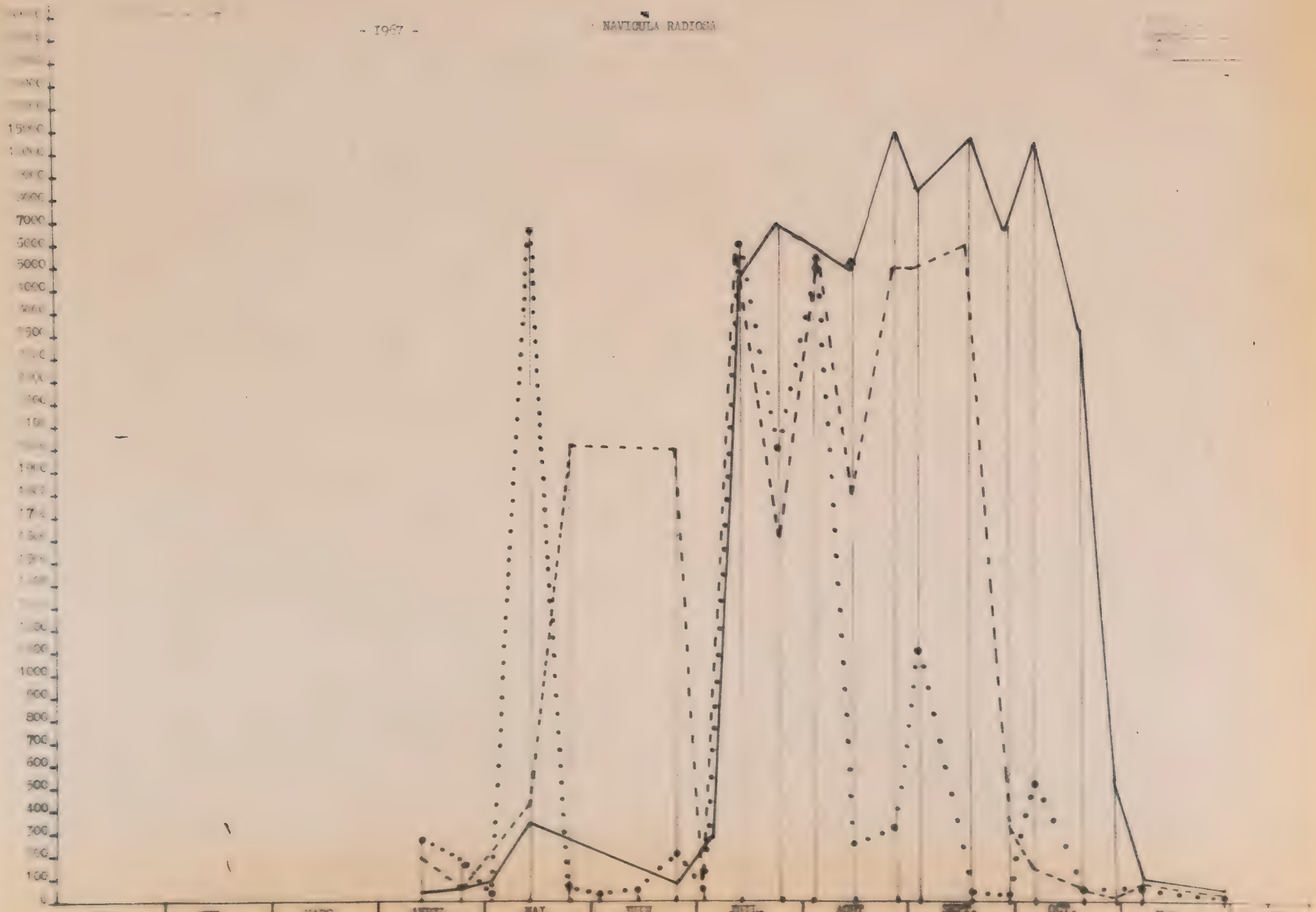
dates	N	R	S	N°
31/1/67	8636		8736	1
10/3/67	8800		8800	2
13/4/67	2299	779	701	3
24/4/67	898	1154	1148	4
2/5/67	77		462	5
12/5/67	19669	1897	2184	6
22/5/67	951	2883		7
1/6/67	868	212	7	8
12/6/67	183		103	9
22/6/67	1319	7485	1816	10
3/7/67	3576	3905	933	11
13/7/67	23550	16650	24300	12
24/7 /67	43350	41300	51700	13
3/8/67	17164	18223		14
16/8/67	6606	3629	11260	15
28/8/67	2262	7918	19570	16
6/9/67	2278	6943	31341	17
18/9/67	24291	16199	21342	18
29/9/67	293	1957	21175	19
9/10/67	3475	1975	10963	20
19/10/67	2323	2686		21
30/10/67	764	1686	7676	22
9/11/67	103	238	1002	23
30/11/67	239	953	266	24
11/12/67	25604	7557	27106	25
21/12/67	24400	7092	25970	26

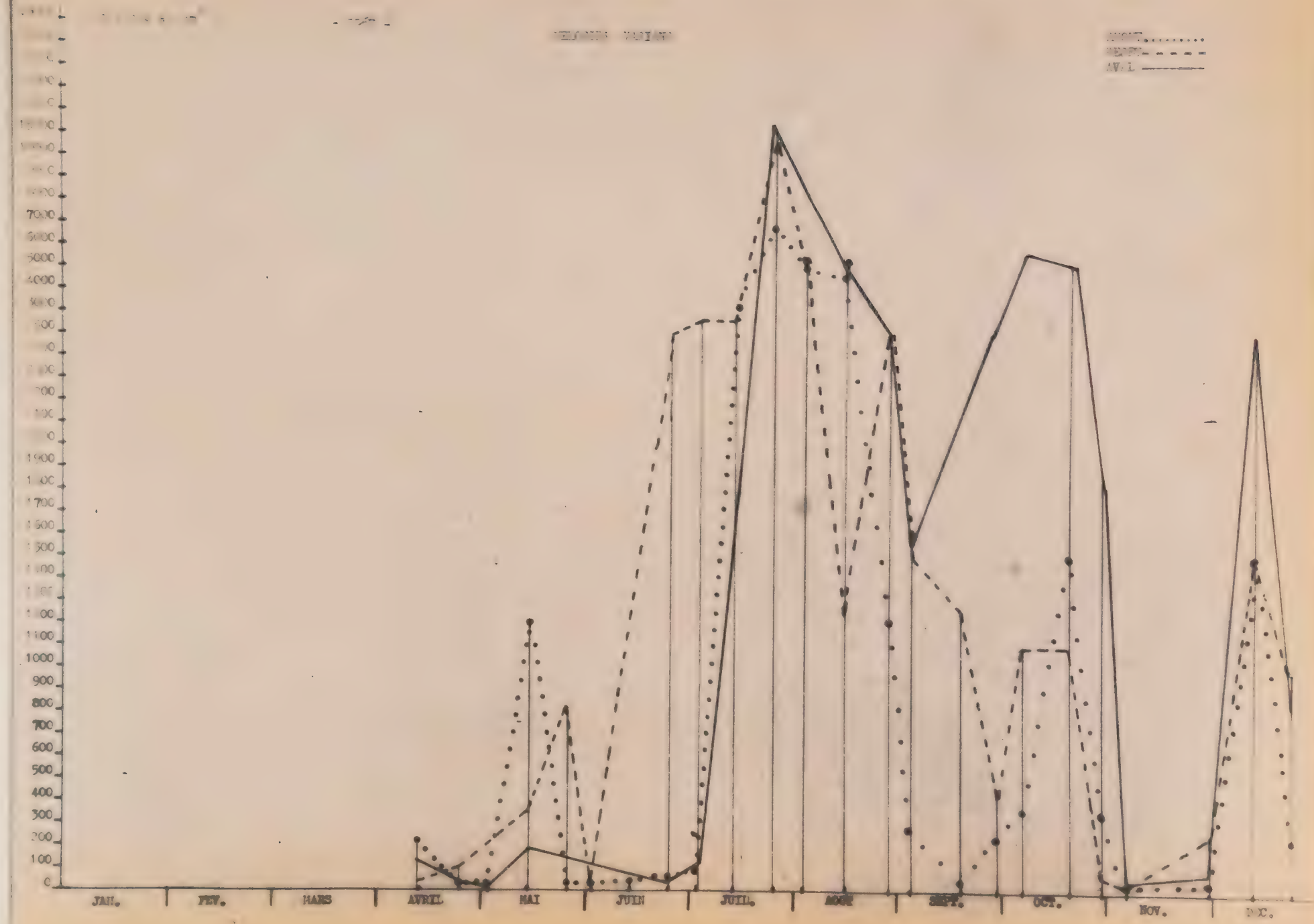

Canal de Donzere-Mondragon
Individus a 1 cm²
50000
40000
30000
20000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

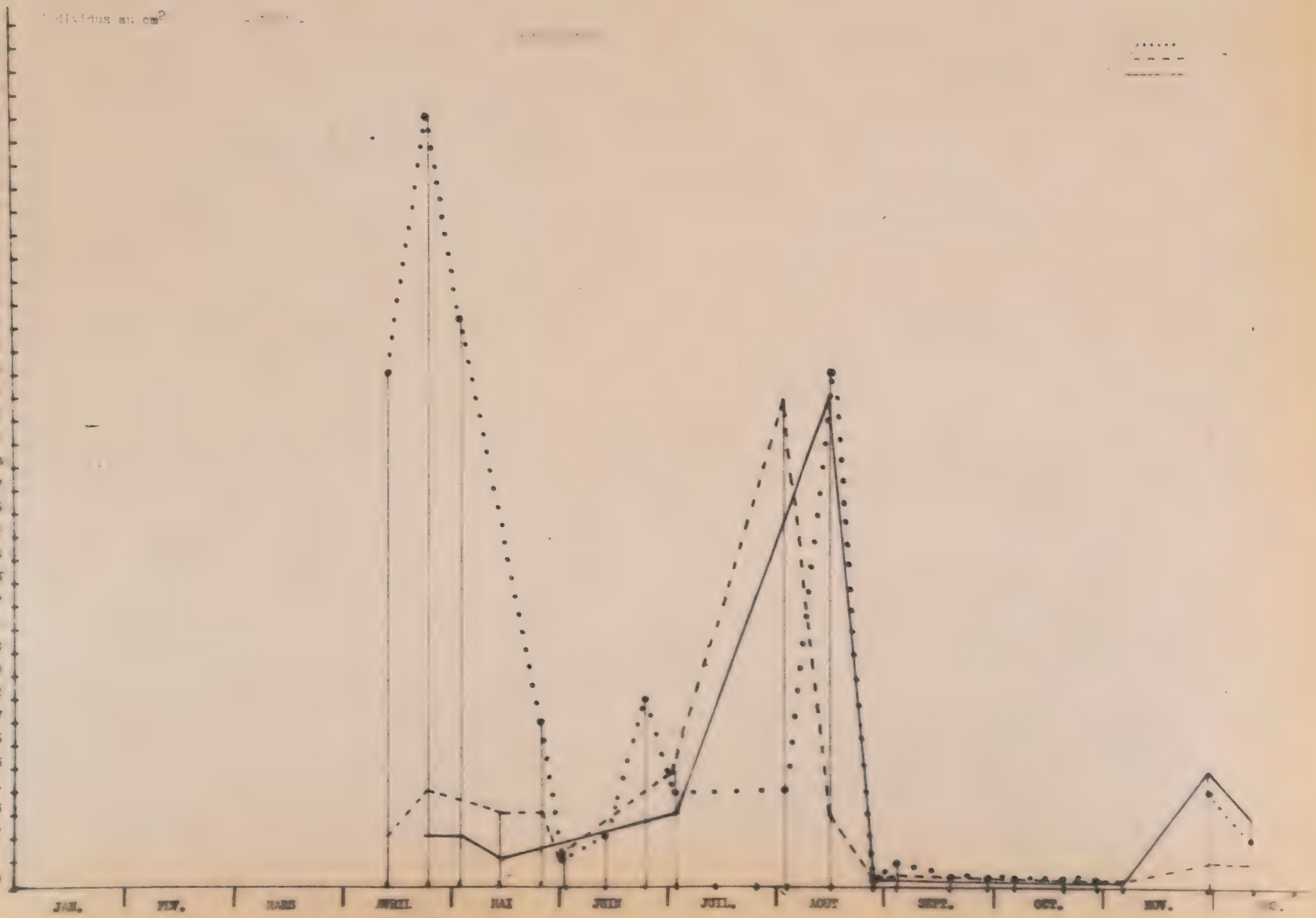

Individus au cm²
- 1967 -
DIATOMA ELONGATUM
AMONT.....
REJET- - - - -
AVAL ———
40000
35000
8000
7000
6000
5000
4000
1900
1700
1600
1500
1400
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
JAN.
FEV.
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL.
AOUT
SEPT.
OCT.
NOV.
DEC.

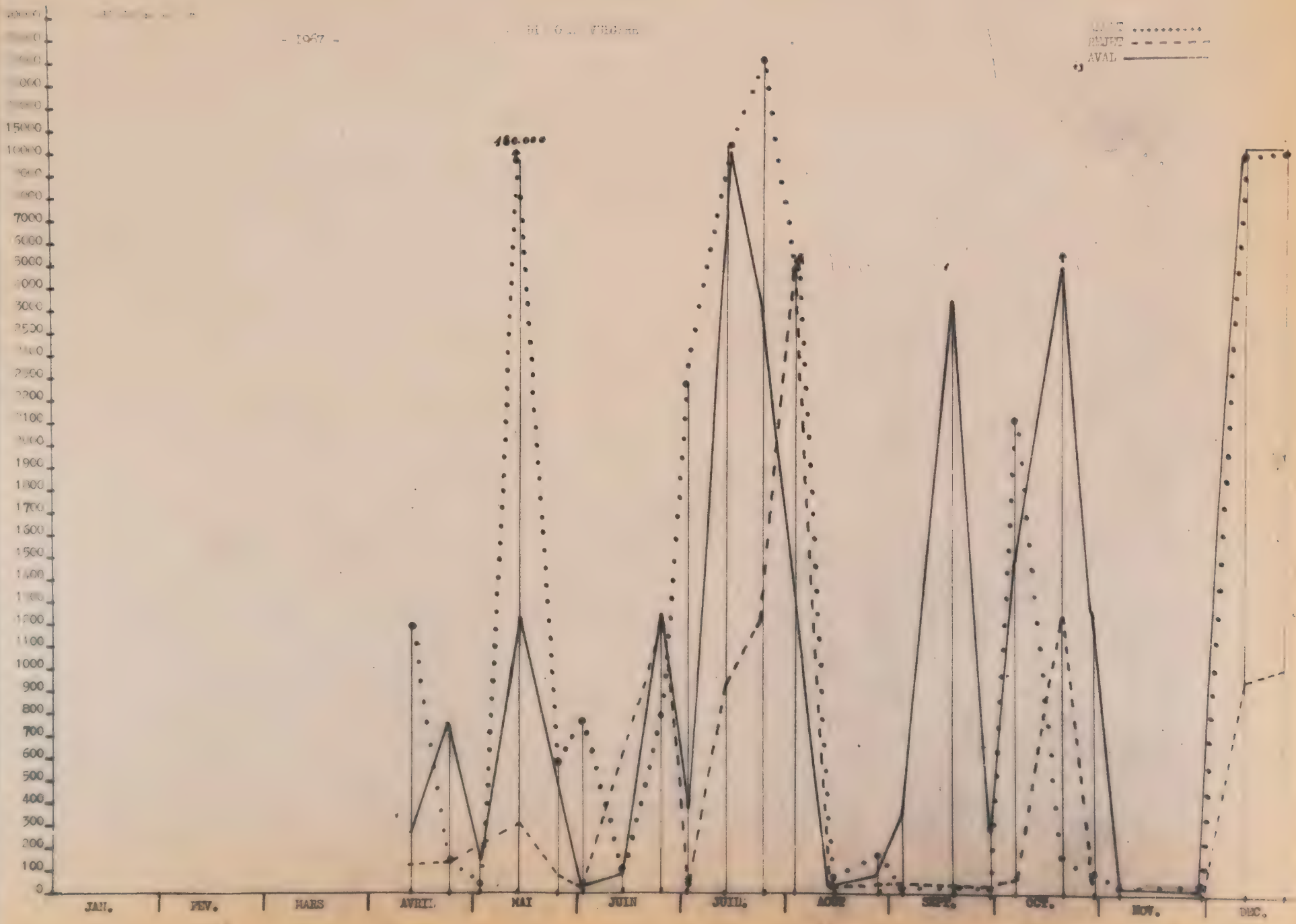
- 1967 -

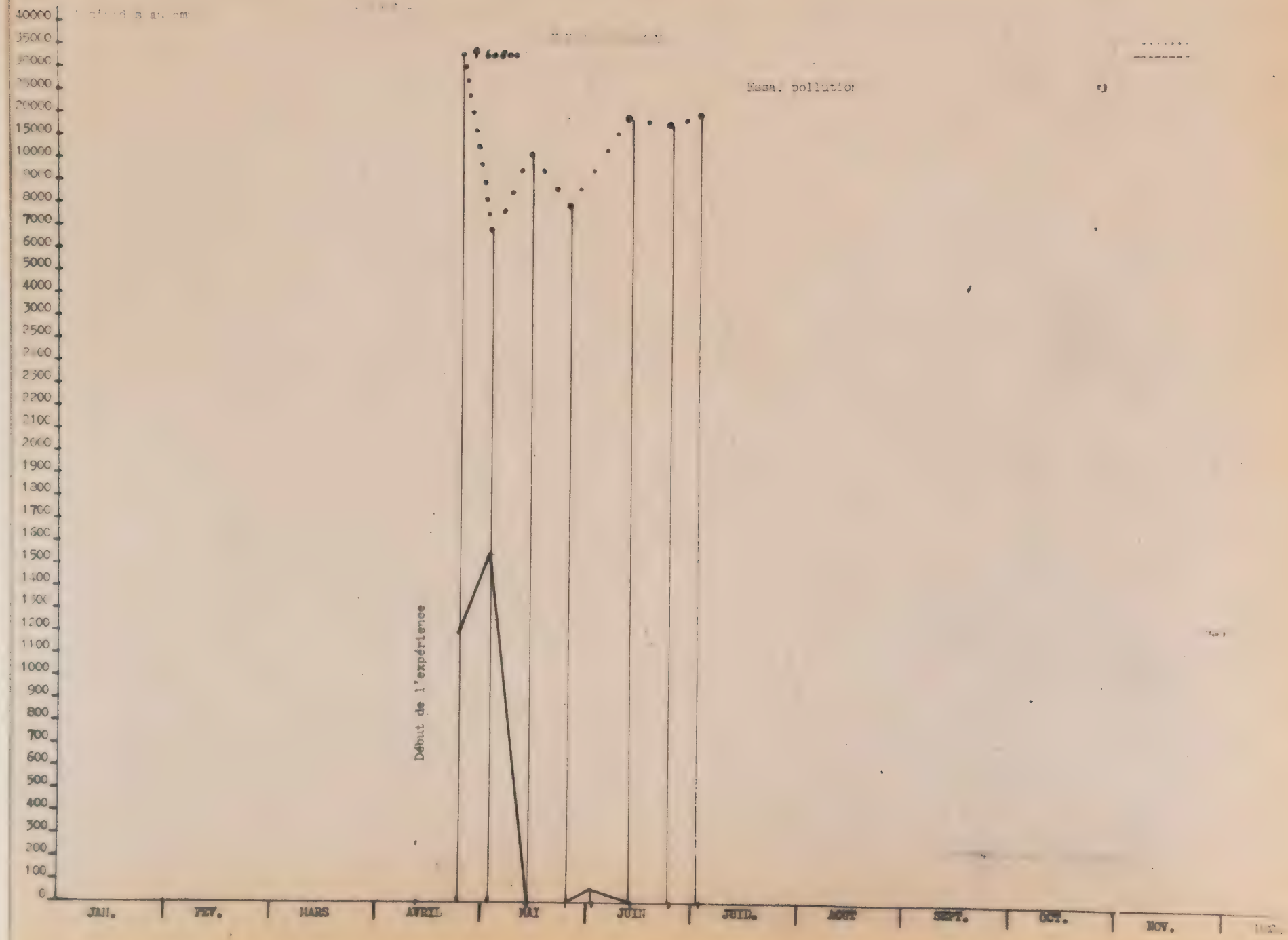
NAVICULA RADIOSA

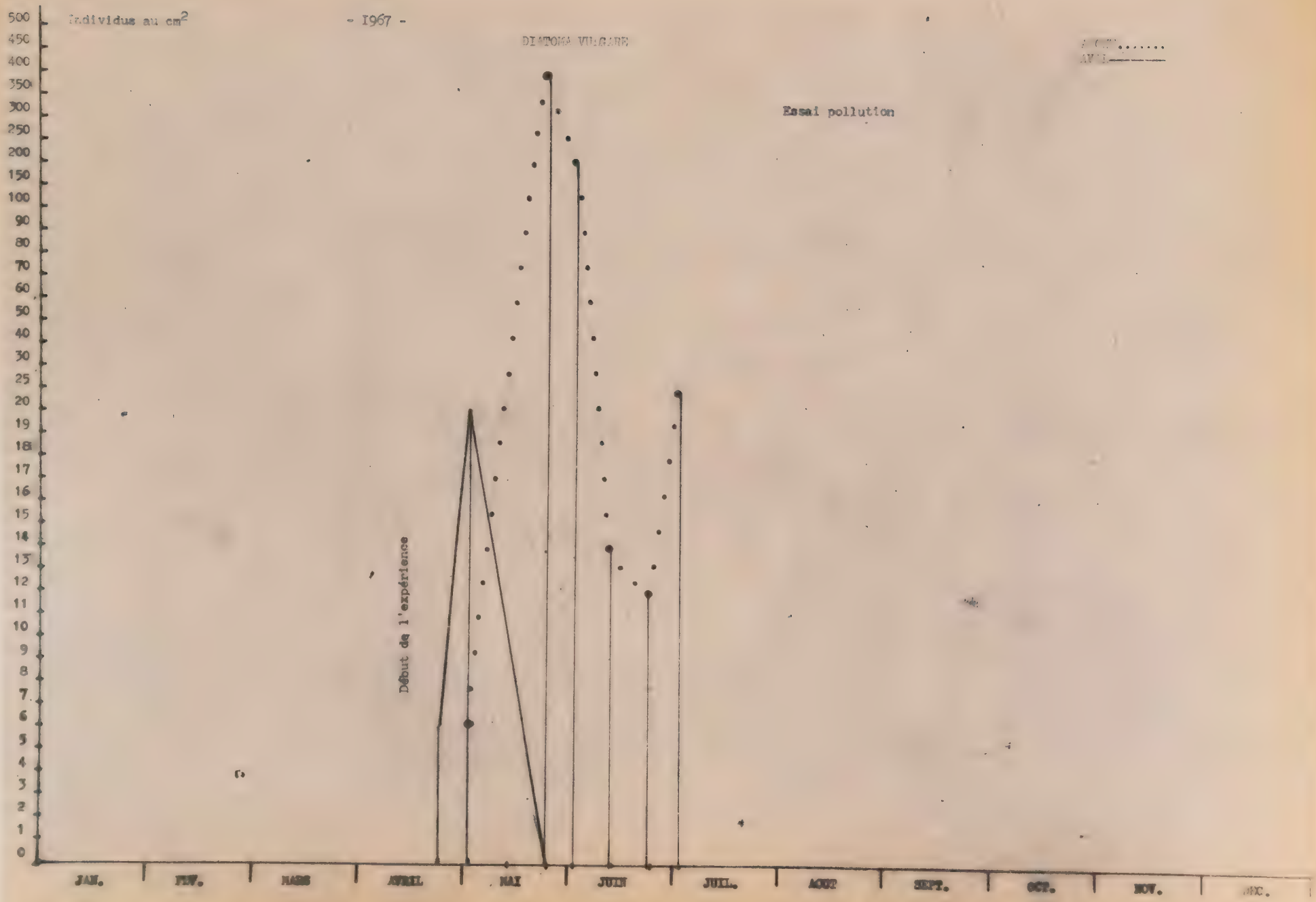


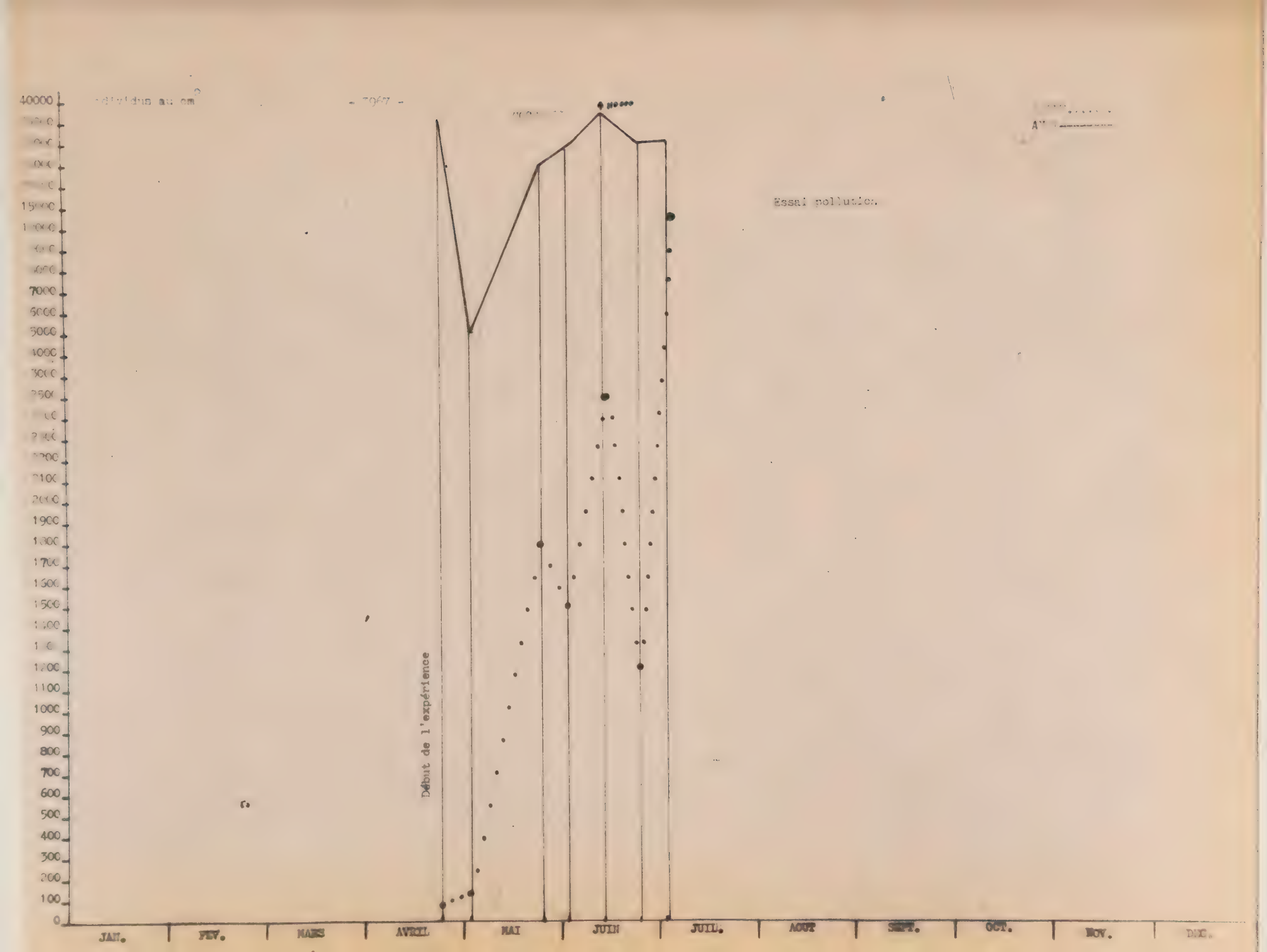

7000
6000
5000
4000
1900
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
JAN.
FEV.
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL.
SEPT.
OCT.
NOV.
DEC.


JAN.
FEV.
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL.
AOUT
SEPT.
OCT.
NOV.


- 1967 -
AMONT
PROJET
AVAL
18.000
15000
10000
7000
6000
5000
4000
3000
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
JAN.
FEV.
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL.
AOUT
SEPT.
OCT.
NOV.
DEC.


40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Début de l'expérience
JAN.
FEV.
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL.
AOUT
SEPT.
OCT.
NOV.


Individus au cm²
- 1967 -
DIATOMA VULGARE
Essai pollution
Début de l'expérience
500
450
400
350
300
250
200
150
100
90
80
70
60
50
40
30
25
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
JAN.
FEV.
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL.
AOUT
SEPT.
OCT.
NOV.
DEC.


Essai pollution.
Début de l'expérience
40000
15000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
JAN.
FEV.
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL.
AOUT
SEPT.
OCT.
NOV.
DEC.

- C H A P I T R E VIII -

- COMMENTAIRES ET CONCLUSION -

Le but de l'étude qui vient d'être présentée est d'essayer de préciser dans quelles conditions la connaissance de la faune et de la flore des eaux douces peut concourir à l'appréciation de leurs qualités, des traitements dont elles ont été l'objet et des pollutions qu'elles ont subies.

L'évolution relative du phytoplancton ne constitue qu'un des volets de cet inventaire biologique qui doit comprendre pour être complet, l'étude de la faune aquatique pélagique ou benthique, et la flore bactérienne.

Néanmoins l'appréciation de la colonisation du périphyton semble devoir donner un moyen relativement pratique pour apprécier l'évolution et les caractéristiques d'une eau. Déjà VIBERT avait envisagé cette possibilité pour l'estimation de la valeur piscicole d'un cours d'eau.

"... Devant le peu de valeur des études sur le plancton et le benthos comme indice de la productivité piscicole, quelques biologistes entreprennent l'étude du périphyton, terme qui prêtera peut-être encore à des discussions, c'est-à-dire, de l'ensemble des organismes se développant sur les surfaces libres des objets immergés : feuilles, pierres... et plaques de verre ou de plastique disposées à dessein pour les récoltes. Ces organismes pour n'en citer que quelques-uns renferment des formes très diverses : bactéries, algues, protozoaires, rotifères, bryozoaires etc... la récolte obtenue sur les objets immergés au bout de plusieurs semaines voir de plusieurs mois est la somme des développements plus ou moins importants de toute la période d'exposition et doit en principe être exempte des erreurs d'échantillonnage dues aux fluctuations, dans le temps de l'activité de la photosynthèse correspondante. Réserve faite de l'influence des facteurs extra-alimentaires, la rapidité de dépôt du périphyton ainsi que sa composition devraient donc être un indice plus valable de la productivité piscicole que les prises d'échantillons instantanés de plancton ou de benthos...".

L'application au développement du périphyton du concept des facteurs limitatifs de Odum permet de rechercher le cas échéant, l'origine du facteur limitant la productivité primaire et de l'apprécier éventuellement en valeur relative.

.../

ODUM (1953) reprend les lois de LIEBIG et SHELFORD pour les appliquer à l'écologie d'une façon générale, qu'il s'agisse de facteurs physiques ou biotiques :

- "La présence et l'abondance d'un organisme, ou d'un groupe d'organismes dépendent d'un complexe de conditions. Toute condition qui approche ou dépasse les limites de tolérance est considérée comme un facteur limitatif de la productivité".

Dans le cas qui nous intéresse ce facteur limitatif peut être constitué par les effluents rejetés et l'apparition d'une variation significative dans la colonisation indiquerait qu'il faudrait reconsidérer les normes.

Il y a lieu cependant d'émettre plusieurs critiques à l'encontre de cette méthode de diagnostic :

1°) - Il est extrêmement difficile d'avoir des conditions de développement rigoureusement identiques entre les deux ou trois points surveillés, dans le cas de la mise en évidence d'une pollution éventuelle pour les cours d'eau importants:

- vitesse du courant, turbidité, budget thermique, micro-variations de la zone euphotique sous l'influence de la turbidité locale ou des ombres portées.

C'est certainement ce dernier facteur qui présente la plus grande importance et l'examen des relevés effectués en 1967 au point de référence amont par rapport au point d'observation aval le montre clairement. En effet pour des raisons matérielles le dispositif d'immersion à niveau et localisation constante a pu être installé au point aval au début du mois de Juillet alors que le point amont n'a pu être équipé qu'au mois de Novembre. En conséquence les conditions n'étaient pas rigoureusement comparables car le dispositif amont, d'immersion par câbles laissait la nasse porte-lames partiellement à l'ombre, le matin ou l'après-midi. Le pourcentage de lumière absorbée variant ainsi l'assimilation chlorophyllienne était beaucoup plus élevée qu'au Nord du point de rejet.

C'est donc là une première difficulté, réaliser des installations permettant d'obtenir des facteurs abiotiques rigoureusement comparables.

Cette difficulté s'estompe cependant si l'on cherche à réaliser uniquement un inventaire à l'aide d'un échantillonnage en divers points d'un cours d'eau, le calcul de la moyenne s'il s'agit d'une eau homogène pouvant donner une idée valable.

.../

2°) -Il faut disposer d'un personnel possédant une certaine qualification et ayant l'habitude de procéder aux comptages nécessaires. En effet il est pratiquement impossible de n'effectuer aucune erreur sur la numération des individus en raison des extrapolations nécessaires et des variations de répartition sur la lame quadrillée.

Lorsque c'est la même personne qui effectue les comptages on annule ainsi statistiquement les erreurs chacun ayant une méthode d'appréciation différente.

3°) - Le temps nécessaire à l'exploitation des lames immergées :

- si l'on procéde à un comptage total il faut envisager une demi-journée de travail au minimum pour trois points de contrôle.

Cependant la permanence de personnel assez spécialisé lorsqu'il s'agit d'une surveillance régulière permet de diminuer ce temps nécessaire. En effet si l'on ne veut pas chiffrer avec précision les quantités individuelles par espèces, l'habitude aidant, par estimation et examen global on peut apprécier assez facilement les différences d'une lame colonisée à une autre.

4°) - Enfin il faut pouvoir disposer, si l'on a à étudier des cours d'eau assez importants, d'un matériel complet, bâteau équipé, nasses à immersion, câbles dispositifs particuliers.Il est recommandé de placer les matériels nécessaires hors de portée du public pour éviter les interventions intempestives.

5°) - Il est nécessaire de raccorder le périphyton à l'ensemble de la chaîne des organismes aquatiques tout au moins sommairement de façon à ne pas laisser passer sans l'exploiter une anomalie d'un étage de l'écosystème.

A cet effet nous rappellons sommairement les positions des organismes vivants dans les eaux par rapport au cycle trophique.

- Producteurs :

Ce sont la végétation et phytoplancton.

- Consommateurs :

Ils peuvent être primaires, secondaires, le zooplancton notamment puis le Necton, ce sont des herbivores des prédateurs ou des parasites.

.../

- Réducteurs :

Bactéries et champignons, qui servent à boucler le cycle. Par rapport à leurs relations avec le milieu on peut avoir la classification suivante :

- Benthos (sessile ou vagile) organismes fixés sur le fond ou vivant à son contact et dans les sédiments

- Périphyton : organismes fixés sur des objets ou végétaux immergés

- Plancton : organismes pélagiques flottant au gré des courants ou exécutant par eux-mêmes de très faibles déplacements (phytoplancton et zooplancton)

- Necton : organismes nageurs et autonomes : poissons notamment

- Neuston : organismes se trouvant normalement localisés à la surface des eaux (insectes : Nepa cinerea, Notonecta maculata, gerris lacustris, Hydrometra stagnorum etc...).

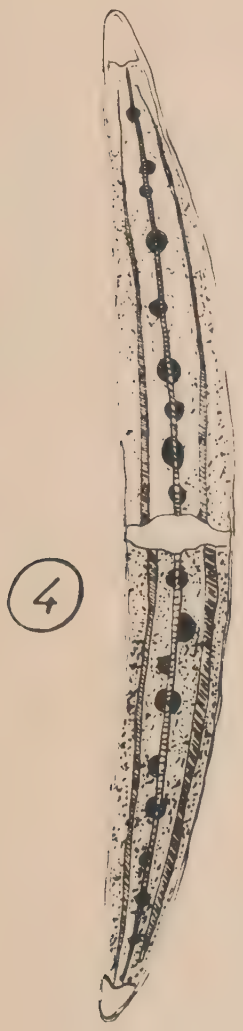
Si l'on dispose d'un minimum de moyens ces difficultés, une fois passée la période d'expérimentation, doivent être aplanies assez facilement à condition que l'on considère que les méthodes hydrobiologiques peuvent, de pair avec les méthodes hydrochimiques servir à l'hydrogéologue pour mener à bien les missions de plus en plus complexes qui lui sont confiées.

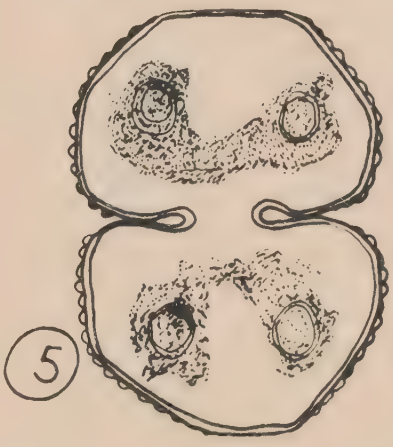
Le sujet est donc vaste, nous avons voulu essayer de donner une idée sur les possibilités de cette technique en général en donnant un exemple particulier ce qui communique peut être à ce travail un aspect un peu spécial dû, en grande partie à la chronologie des essais réalisés et aux vicissitudes inévitables dont ils ont été l'objet.

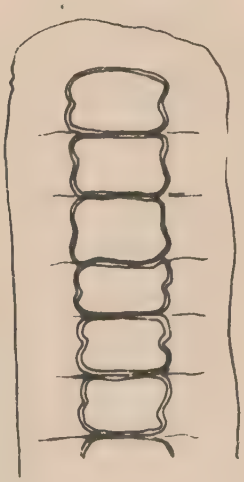
-:-:-:-

ALGUES des ZONES NON POLLUEES

DESMIDIEES







4 Closterium

5 Cosmarium

6 Penium

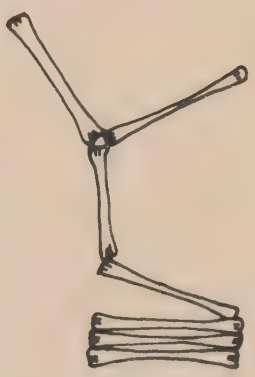
7 Hyalotheca

Navicula radiosa (Kg)

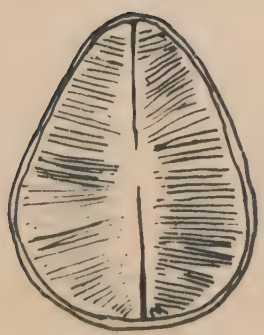
Navicula (Kütz) rhyqchocephala

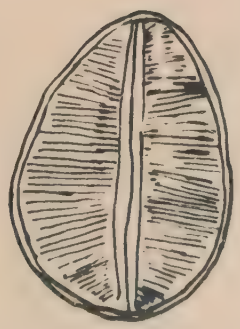
Cymbella cistula (Hemer)

Diatoma vulgare (Bory)



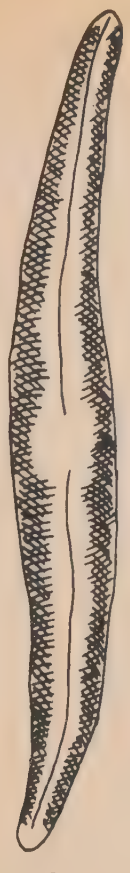
Diatoma elongatum (Ag)



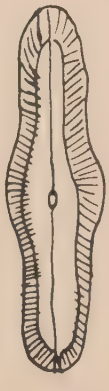


Cocconeis pediculus (Ehr)

Pleurosigma attenuatum (Kg)

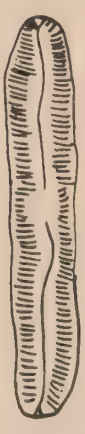


Gyrosigma acuminatum (Kützing)



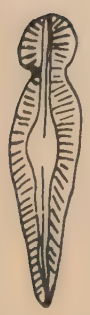
Caloneis silicula (Ehr)

Navicula hungarina (Grum)



Pinnularia Viridis (Ehr)

Cymbella Lanceolata (Ehr)

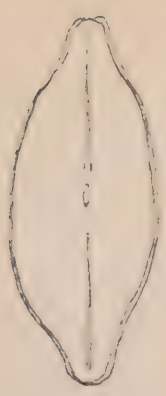


Gomphonema Constrictum (Ehr)

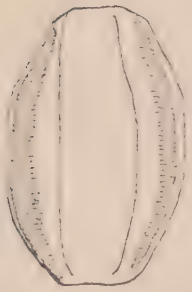
Gomphonema acuminatum (Ehr)

Gomphonema Vibrio (Ehr)

Gomphonema gemminatum

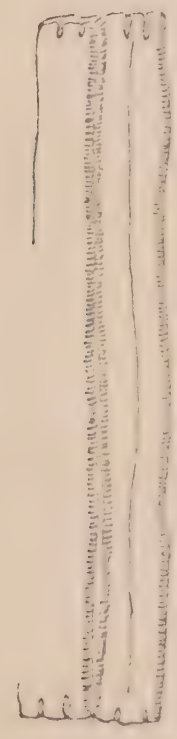


Surirella biseriata (ehr.)



Amphora ovalis

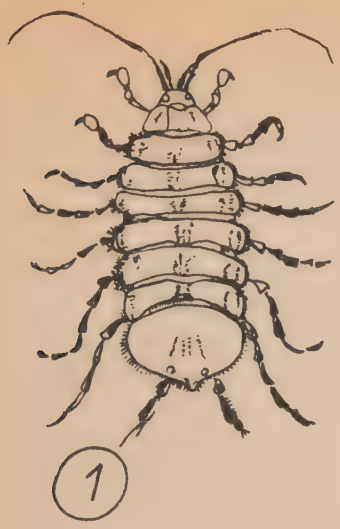
Cymatopleura Solea (Bréb.)



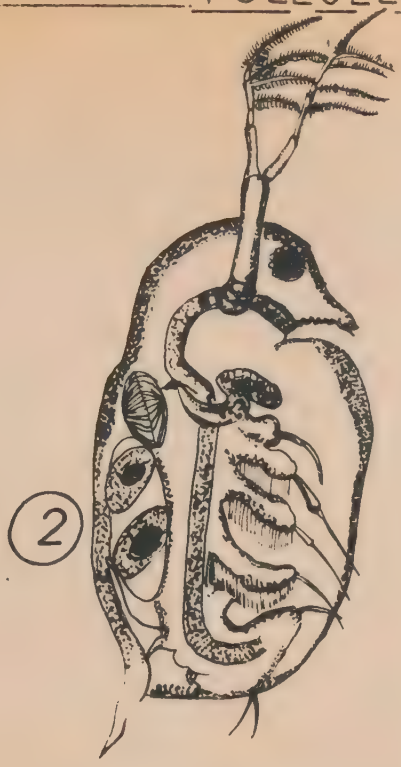
Synedra Ulna (Nitzsch)

Melosira varians

ANIMAUX d'EAUX MOYENNEMENT POLLUEES



1



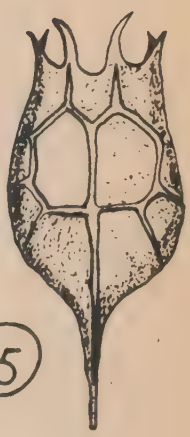
2

← CRUSTACES

ROTIFERES

3

4



5

1 Asselle

2 Daphnie (Planctonique)

3 Rotifer.

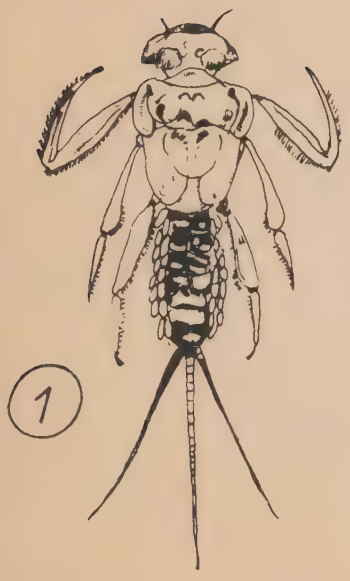
4 Brachionus (Planctonique)

5 ANUraea. (Planctonique)

n° Pr/B. 060. 8

ANIMAUX d'EAUX PURES

LARVES d'EPHEMERES



1

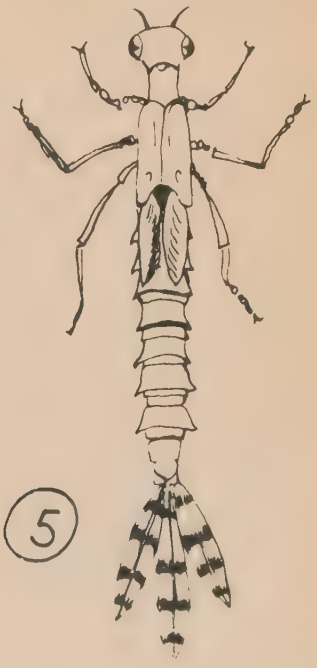
2

3

LARVE de PLECOPTERE

4

LARVE de LIBELLULE



5

1 Larve D'Ecdyurus

2 Larve d'Ephemera vulgata

3 Larve de CLOËON

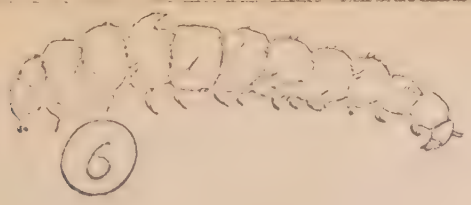
4 Perla

5 Agrion.

n° R/B. 060 10

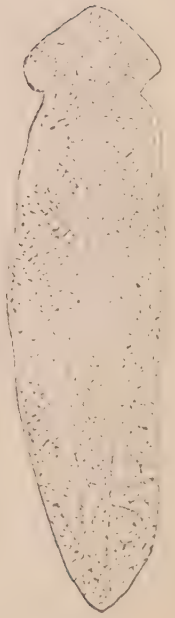
ANIMAUX d'EAUX POLIES

LARVE de TRICHOPTERE



(6)

VERS



(7)

MOLLUSQUES

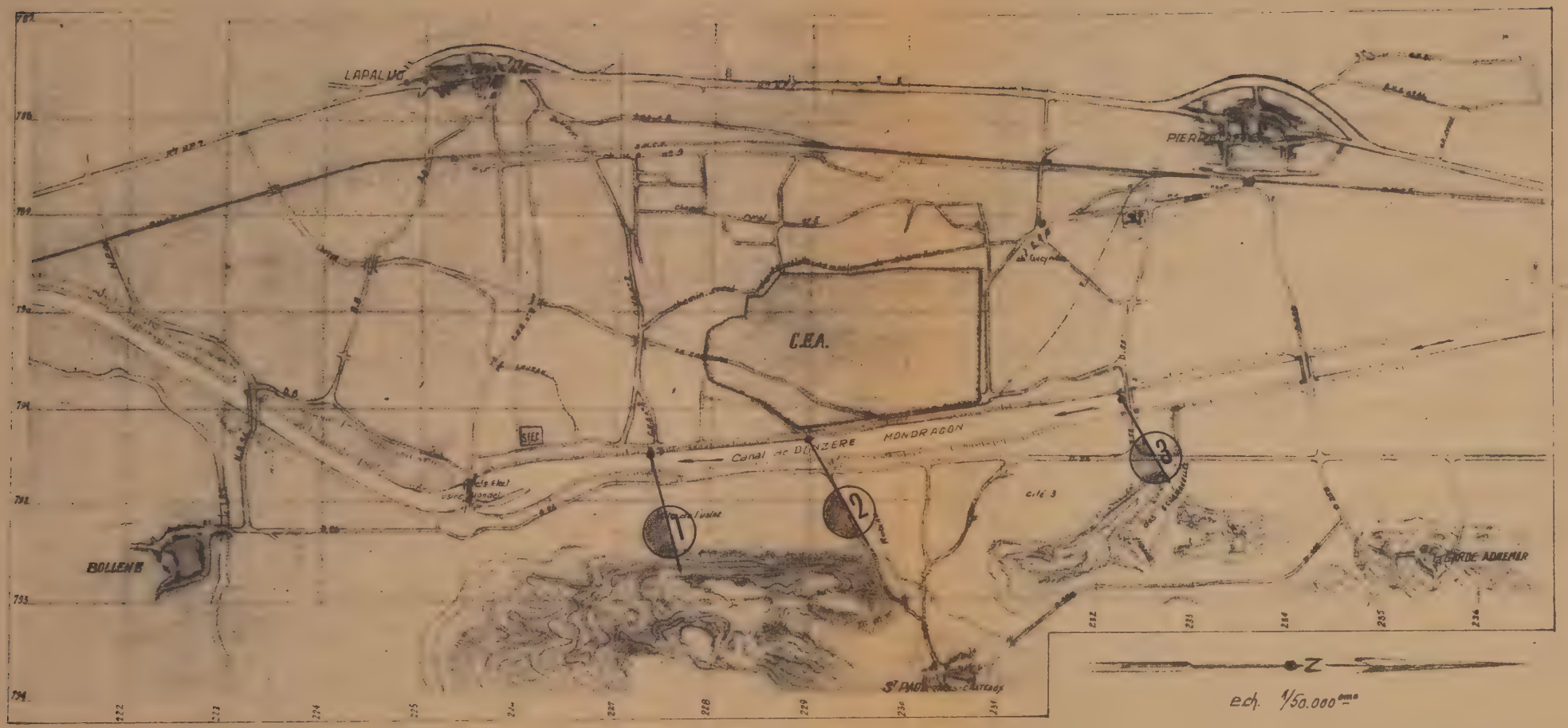
(8)

(9)

CRUSTACES

(10)

5 Larve de Phryganе
7 Planaria Gonocephala
8 Ancylus Fluviatilis
9 Physa fontinalis
10 Gammare



POINTS D'IMMERSIONS DES LAMES DE CONTROLES

1 POINT SUD
2 POINT DE REJET
3 POINT NORD

B I B L I O G R A P H I E

- WELCH Paul S. (1952)
  - Limnology
    Greuv. Hill Book Compagny INC I952

- WOLFGANG ENGELHARDT
  - Was Lebt in Tümpel Bach und Weiher
    Kosmos - STUTTGART

- CEBEDEAU -
  - Livre de l'Eau - 2ème Edition - Cebedoc 163, rue Hayeneux
    HERSTAL (Belgique)

- DEGREMONT
  - Mémento technique de l'eau
    Technique et documentation - 11, rue Lavoisier - PARIS

- DUSSART Bernard (1966)
  - Limnologie - L'étude des eaux Continentales
    Gauthier-Villars - PARIS

- ROCHE (1963)
  - Hydrologie de surface -
    Gauthier-Villars - PARIS

- GUILCHER André (1965)
  - Précis d'Hydrologie Marine et Continentale
    Masson et Cie - PARIS

- RODIER J. (1960)
  - L'analyse chimique et physico-chimique de l'Eau
    Dunod - PARIS

- ERICHSEN Jones - (1964)
  - Fish and River Pollution
    Butterworthes - LONDRES

- BOURDIER Franck (1962)
  - Le bassin du Rhône au quaternaire
    C.N.R.S. - PARIS

.../

- TREGOUBOFF et ROSE (1957)

- Manuel de planctonologie Méditerranéenne
C.N.R.S. - PARIS

- Le grand livre de la mer et des poissons

Editions René KISTER - GENEVE
Editions Européenne d'éditions MONACO

- VIBERT R. et LAGLER K. F. (1961)

- Pêches continentales - Biologie et Aménagement

Dunod - PARIS

- VIVIER Paul (1961)

- La vie dans les eaux douces

Presses Universitaires de France - PARIS

1960

- Annales de la Station Centrale d'Hydrobiologie Appliquée
14, avenue de St-Mandé - PARIS

- PERES et DEVEZE (1963)

- Océanographie biologique et biologie Marine

Presses Universitaires de France - PARIS

- GRASSE P.P. (1963)

- Botanique

Masson et Cie - PARIS

- MARCHETTI R. (1961)

- Ricerche sul fiume Olona - Rend. ist. Lombardo Sici.
et letl. 95 198

- MARCHETTI R.

-L'étude de la flore et de la faune aquatique et son importance pour la protection des eaux : moyens de contrôle à appliquer aussi dans les cas de pollution industrielle

Institut de zoologie - Université de MILAN

.../

- KOLKWITZ R. et MARSSON M. (1908)

- Ockologie der pflanzlichen Saprobien - Ber. a. Dent. Bot. Gesell 26, 505

- KOLKWITZ R. et MARSSON M. (1909)

- Oekologie der terislien Saprobien
Int. Rev. a. Ges. Hydrobiol. U. Hydrographie 2, 126

- WURTZ A.(1957) -

- Champignons, bactéries et algues des eaux polluées
Conseil Supérieur de la Pêche - PARIS

- HANNA WISOCKA - BUJALSKA -

- Périphyton des lamelles de verre comme indicateur de la pollution d'eau.
Congrès International de limnologie - VIENNE 1959

- BOSSET E. - (1962)
- Le Lac de Joux

- AUBERT D. -

- La vallée de Joux. Trésors de mon pays N. 36 Le Griffon
NEUCHATEL 1949

- PARIS - 1949 -
- La pollution des cours d'eau

Direction Générale des eaux et forêts
Service des Recherches piscicoles
Les Editions de l'Eau -

- VIVIER Paul -

- La pollution des eaux et les contrôles hydrobiologiques

Station Centrale d'hydrobiologie
14, avenue de St-Mandé - PARIS

- SIMEON Claude - BONNEFOY-CLAUDET Jean -

- Appréciation des pollutions chroniques au moyen des méthodes hydrobiologiques

Rapport C.E.A. n° R 2 751 - I965 da

- TEULON Françoise - SIMEON Claude -

- Essais toxicologiques de produits chimiques sur des poissons d'eau douce -

Rapport C.E.A. R 2938 - I966
16, rue Lord Byron PARIS (18ème)

.../

- COLAS R. -
- La pollution des eaux (Que sais-je)

- DANGEARD -
- Traité d'Algologie

- LEFEVRE M. et WURTZ A.
- La détection des pollutions chroniques par les laboratoires de biologie - L'eau 1949 - 36, 5, 17,27

- PALMER M.C. -
- The effect of pollution on river algae, 1959

- SMITH G.M.
- The fresh water algae of the United States, 1950

- VIVIER P.
- Des zones de saprobies -
L'eau 1949 - 36, 5, 27 - 28

- VIVIER P.
- L'importance des tests biologiques dans la protection des rivières contre la pollution
Cons. Géné. Pêches Médit. - 1957 - 4, 207 - 217

- EDMONDSON - WARD et WHIPPLES -
- Fresh water biology

- DELAMARE DEBOUTEVILLE -
- Biologie des eaux souterraines littorales et Continentales
Hermann 1960

- WELCH
- Limnology -
M GRAW - Hill book compagny INC - 1952

- MACAN T.T.
- Freshwater Ecology
Largmans, Green and CO - 1966 - LONDON

.../

- RUTTNER
- Fundamentals of limnology
University of Toronto - Press - 1966

- Advances in water pollution research
Pergamon Press - A Jaag 1965

- STERBA G. -
- Freshwater Fishes of tre world
Studiovista - London 1967

- CLARKE G.L. - 1954 -
- Elements of ecology
NEW-YORD, J. WILEY and Sons, Inc., 534 p

- CLEMENTS F. E. et SHELFORD V. E. - 1939 -
- Bio-ecology
NEW-YORK, J. WILEY and Sons, Inc., 425 p

- ELTON C. - 1927 -
- Animal ecology
LONDON, SIDGWICK and Jackson, Ltd., 209 p

- HUTCHINSON G. E. - 1948 -
- On living in the biosphere
Sci. Mon., 67, 6? 393-397

- WOODBURY A.M. - 1954 -
- Principles of general ecology
NEW-YORK, The Blakiston Company, Inc., 503 p

- CHAPMAN R. N. - 1931 -
- Animal ecology
NEW-YORK, McGraw-Hill Book Company, Inc., 464 p

- ODUM E. P. - 1935 -
- Fundamentals of ecology
PHILADELPHIA, W. B. Saunders Company. 384 p

- ALLEE W. C., PARK O., EMERSON A. E., PARK T. et SCHMIDT K. P. - 1949 -
- Principles of animal ecology
PHILADELPHIA W. B. Saunders Company, 837 p

- ANDREWARTHA H. G. et BIRCH L. C. - 1954
- The distribution and abundance of animals
CHICAGO, University of CHICAGO Presse., 782 p

- BLACHE J. et GOOSSENS J. - 1945 -
- Monographie piscicole d'une zone de pêche au Cambodge
Cybium, 8, 49 p

- CLARKE G. L. - 1933 -
- Diurnal migration of plankton in the Gulf of Maine and its correlation with changes in submarine irradiation
Biol. Bull., Wood's Hole, 65, 3, 402 - 436

- CLARKE G. L. - 1938 -
- Seasonal changes in the intensity of submarine illumination off Woods Hole
Ecology, 19, 89 - 106

- CLARKE G. L. - 1939 -
- The utilisation of solar energy by aquatic organismes, Problems in lake biology
Publ. Amer. Assoc. Adv. Sci., 10, 27 - 38

- CLARKE G. L. - 1954 -
- Elements of ecology
NEW-YORK, J. Wiley and Sons, Inc., 534 p

- DENDY J. S. - 1948 -
- Predicting depth distribution of fish in three TVA storage-type reservoirs
Trans. Amer. Fish. Soc., 75, 1945, 65 -71

- ELLIS M. M. - 1937 -
- Detection and measurement of stream pollution
Bull. U. S. Bur. Fish., 48, 22, 365 - 437

- BRETT J. R. - 1944 -

- Some lethal temperature relations of Algonquin Park fishes

Publ. Ont. Fish. Res. Lab., 63, 49 p

- IVLEV V. S. - 1945 -

- The biological productivity of waters

In Russian, Preliminary Translation by W. E. RICKER Uspekhi Sovremennoi Biologii, 19, 1, 98 - 120

- MOORE J. A. - 1940 -

- Stenothermy and eurythermy of animals in relation to habitat

Amer Nat., 74, 751, 188 - 192

-VAN OOSTEN J. - 1948 -

- Turbidity as a factor in the decline of great lakes fishes with reference to Lake Erie

Trans. Amer. Fish. Soc., 75, 1945, 281 - 322

- WALLEN I. E. - 1951 -

- The direct effect of turbidity on fishes

Bull. Okla. Agric. Mech. Coll., 48, 2, 1-27

- BIRGE E.A. et JUDAY C. 1911 -

- The inland lakes of Wisconsin. The dissolved gases of water and their biological significance

Bull. Wis. Geol. Nat. Hist. Surv., 22, 259 p

- BLUM J. L. - 1954 -

- Evidence for a diurnal pulse in stream phytoplancton

Science, 119, 732 - 734

- DE P. K. - 1939 -

- The role of blue-green algae in nitrogen fixation in rice fields

Proc. roy. Soc., 127, 121 - 138

- DROSDOFF M. - 1947 -

- Use of minor elements (In) Science in farming : Yearbook of Agriculture (1943 - 1947)

WASHINGTON, U. S. Dept. Agric., 577 - 582

- ELLIS M. M., WESTFALL B. A. et ELLIS M. D. - 1946 -

- Determination of water quality

Res. Rep. U. S. Fish. Serv., 9, 122 p

- FOGG G. E. - 1942 -

- Studies on nitrogen fixation by blue-green algae. I, Nitrogen fixation by Anabaena cylindrica Lemm

J. exp. Biol., 19, 1, 78 - 87

- FOGG G. E. - 1947 -

- Fixation de l'azote par les algues bleu-vert

Endeavour, 6, 24, 172 - 175

- GAJEVSKAGA N. S. - 1958 -

- Le rôle de groupes principaux de la flore aquatique dans les cycles trophiques des différents bassins d'eau douce

Verh. int. Ver Limnol., 13, 350 - 362

- GREENBANK J. - 1945 -

- Limnological conditions in ice-covered lakes, especially as related to winter-kill of fish

Ecol. Monogr., 15, 343 - 392

- HARVEY H. W. - 1939 -

- Substances controlling the growth of a diatom

J. Mar. Biol. Ass. U. K., 23, 2, 499 - 520

- IVLEV V. S. - 1945 -

- The biological productivity of waters

In Russian, Preliminary Translation by W. E. Ricker
Uspekhi Sovremennoi Biologii, 19, 1, 98-120

- LEFEVRE M. - 1950 -

- Les pêches quantitatives de plancton en hydrobiologie

Ann. Sta. cent. Hydrobiol. appl., 3, 195 - 203

- LEFEVRE M. - JAKOB H. et NISBET M. - 1952 -

- Auto et hétéroantagonisme chez les algues d'eau douce

Ann. Sta. Cent. Hydrobiol. Appl., 4, 5 - 198

.../

- McCOMBIE A. M. - 1953 -

- Factors influencing the growth of phytoplancton

J. Fish. Res. Bd. Canada, 10, 5, 253-282

- McMAHON V. H. - 1954 -

- The abundance and distribution of entomostracan plankton at Lakelse Lake, B. C. (1949 - 1952)

J. Fish. Res. Bd. Canada, 11, 4, 479 - 499

- MOYLE J. B. - 1949 -

- Some indices of lake productivity

Trans Amer. Fish. Soc., 76, 1946, 322 - 334

- NIELSON R. S. - 1953 -

- Apparatus and methods for the collection of attachment materials in lakes

Prog. Fish-Cult., 15, 2, 87 - 89

- PRESCOTT G. W. - 1939 -

- Some relationships of phytoplankton to limnology and aquatic biology. (In) Problems of lake biology.

Publ. Amer. Assoc. Adv. Sci., 10, 65 - 78

- REIJNTES E. J. - 1952 -

- Pisciculture en étang d'eau saumâtre. (In) L'Industrie de la pêche dans la Caraïbe

Port of Spain, Trinidad

- RUTTNER F. - 1953 -

- Fundamentals of limnology

Toronto, University of Toronto Press., 242 p
Translated by D. G. FREY and F. E. J. Fry from (1952) Grundriss der limnology (Berlin, Walter de Gruyter Co., 2nd ed., 232 p

- VAAS K. F. - 1954 -

- On the nutritional relationshipq between plankton and fish in Indonesian freshwater ponds

Proc. Indo-Pacif. Fish. Coun., 5, Symposium on marine and freshwater plankton in the Indo-Pacific, 90 - 97

- YOUNG O. W. - 1945 -

- A limnological investigation of periphyton in Douglas Lake Michigan

Trans. Amer. micr. Soc., 64, 1, 1-20

- KREITMAN L. - 1939 -

- Etude hydrobiologique et aménagement piscicole de trois lacs du Jura utilisés industriellement

Trav. Lab. Hydrobiol., Grenoble, 1935 à 1937

- MOYLE J. B. - 1949 -

- Some indices of lake productivity

Trans. Amer. Fish. Soc., 76, 1946, 322-334

- CLARKE G. L. - 1945 -

- Elements of ecology

NEW-YORK, J. WILLEY and Sons, Inc., 534 p

- GAUSE G. F. - 1932 -

- Ecology of populations

Quart. Rev. Biol., 7, 1, 27-46

- HUET M. - 1949 -

- Appréciation de la valeur piscicole des eaux douces

Trav. Sta. Rech. Gronendael, D. 10, 55 p

- HUET M. - 1958 -

- Productivité des eaux courantes et des eaux stagnantes

(In) Colloque de limnologie à BIARRITZ, Ronéotypé, 1 p

- LAGLER K. F. - 1956 -

- Freshwater fishery biology

2 nd Ed. (Dubuque, Iowa, Wm. C. Brown Company, 421 p

- LEFEVRE M. - JAKOB H. et NISBET M. - 1952 -

- Auto et hétéroantagonisme chez les algues d'eau douce

Ann. Sta. cent. Hydrobiol. appl., 4, 5-198

.../

- ODUM E. P. - 1953 -

- Fundamentals of ecology

Philadelphia, W. B. Saunders Company 384 p

- RICE T. R. - 1949 -

- The effect of nutrients and metabolites on populations of planktonic algae

Ph D. Thesis, CAMBRIDGE, Harvard University

- BOND R. M. - 1953 -

- A contribution to the study of the natural food-cycle in aquatic environments

Bull. Bingham oceanogr. Coll., 4, 4, 1-89

- CHIMITS P. - 1949 -

- Les délits de pollution en riviere. II. Estimation des dommages-intérêts

Eau, 36, 5, 33-38

- DIENERT M. - 1934 -

- Alimentation en eau des villes. Evacuation des eaux usées et des eaux résiduaires. Livre I, Epuration des eaux et assainissement des cours d'eau.

3ème ed. PARIS Eyrolles, 505 p

- DOUDOROFF P. et al. 1951

- Bio-assay methods for the evaluation of acute toxicity of industrial wastes to fish

Sewage industr. Wastes, 25, 840

- DOUDOROFF P. et KATZ M. - 1953 -

- Critical review of literature on the toxicity of industrial wastes and their components to fish. II the metals, as salts

Swage and Indust. Wastes, 25, 7, 802-839

- ELLIS M. M. - 1937 -

- Detection and meaqurement of stream pollution

Bull. U. S. Bur. FisH., 48, 22, 365-437

.../

- ELLIS M. M. - 1944 -

- Water purity standards for fresh-water fishes

Spec. sci. Rep. U. S. Fish Wild. Serv., 2,16 p

- ELLIS M. M. - WESTFALL B. A. et ELLIS M. D. - 1946 -

- Determination of water quality

Res. Rep. U. S. Fish. Serv., 9, 122 p

- HART W. B. - DOUDOROFF R. et GREENBANK J. - 1945 -

- The evaluation of the toxicity of industrial wastes, chemicals and other substances to fresh-water fishes

PHILADELPHIA, Atlantic Refining Company, 332 p

- HUET M. - 1949 -

- La pollution des eaux. L'analyse biologique des eaux polluées

Bull. Cent. Belg. Etud. Document. Eaux 5, 6, 1 - 31

- HUET M. - 1950 -

- Toxicologie des poissons

Bull. Cent belg. Etud. Document. Eaux,

- KOLKWITZ R. et MARSSON M. - 1908 -

- Oekologie der Planzlichen Saprobien

Ber. dtsch. bot. Ges. XXVIA, 505-519

- LEFEVRE M. et WURTZ A. - 1949 -

- La détection des pollutions chroniques par les laboratoires de biologie

L'eau, 36, 5, 17-27

- MARGALEF R. - 1955 -

- Los organismos indicadores en la limnologia

Investigaciones Experiancas, Madrid, Institute Forestal 300 p

.../

- NISBET M. - I949 -

- La détection des pollutions aiguës par le laboratoire de chimie

L'eau, 36, 5, 1-40

- VIVIER P. - 1949 -

- Des zones de saprobies

L'Eau, 36, 5, 27-28

- VIVIER P. - 1957 -

- L'importance des tests biologiques dans la protection des rivières contre la pollution

Cons. géné. Pêches Médit., 4, 207-2I7

- WEIGELT C. - 1903 -

- L'assainissement et le repeuplement des rivières

Trad. franç. BRUXELLES, Hayez 668 p

- WELCH P. S. - 1948 -

- L'imnological methods

PHILADELPHIA, Balkiston CO., 381 p

- WUHRMANN K. et al. - 1953 -

- Essais de toxicologie des poissons

Bull. Cent. belg. Etud. Document Eaux 19,67

- SPEIRS J. M. - 1948 -

- Summary of literature on aquatic weed control

Canad. Fish. Cult., 3, 4, 20-32

- HENDERSON C. - 1949 -

- Value of the bottom sampler in demonstrating the effects of pollution on fish-food organisms and the fish in the Shenandoah River

Progr. Fish-Cult., 11, 4, 217-230

.../

- LEFEVRE M. - 1950 -
- Influence des déversements d'eaux usées de la région parisien sur le plancton de la Seine
Ann. Sta. cent. Hydrobiol. appl., 3, 153-171

- AZZI G. - 1954 -
- Ecologie agricole
PARIS, Baillère, 428 p

- BLACK J. D. - 1954
- Biological conservation with particular emphasis on wildlife
NEW-YORK, The Blakiston Compagny 328 p

- REID K. A. - 1947
- Economies and human psychology in water pollution
Trans. N. Amer. Wildl. Conf., 12, 146-152

- HUET M. - 1949 -
- Appréciation de la valeur piscicole des eaux douces
Trav. Sta. Rech. Groenendael, D. 10, 55 p

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al. - 1955
- Standard methods for the examination of water, sewage, and industrial wastes
NEW-YORK, American Public Health Association, Inc., 522 p

- HUET M. - 1945 -
- Biologie profils en long et en travers des eaux courantes
Bull. franç. Piscic., 175, 41-53

- LEGER L. - 1945 -
- Economie biologique et productivité de nos rivières à cyprinidés
Bull. franç. Piscic., 139, 49-69

- PRESCOTT G. W. - 1951
- Algae of the western Great Lakes area
Bull. Cranbrook Inst. Sci., 31, 946 p

- BUTLER S.S. -

- Engineering hydrology

Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1957, 356 p

- JOHNSTONE D. and CROSS W.P. -

- Elements of applied hydrology

The Ronald Press Company - NEW-YORK 1949 - 275 p

- LINSLEY R. K., KOHLER M. A. and PAULHUS J.L.H.

- Applied hydrology

Mc Graw-Hill Book C°, NEW-YORK - TORONTO - LONDON 1949, 689p

- MEINZER O. E. et collaborateurs

- Hydrology

Dover publications, Mc Graw-Hill Book C°,
NEW-YORK I942, 712 p

- PARDE M.

- Cours de Potamologie (2 volumes)

E.I.H. GRENOBLE I943

- PARDE M.

- Fleuves et rivières

Ed. ARMAND COLIN - PARIS I947, 224 p

- WISLER C. O. and BRATER E. F.

- Hydrology

John Willey and Sons, NEW-YORK, Chapman and Hall, LONDON

- COUTAGNE A.

- Météorologie et hydrologie. Etude générale des débits et des facteurs qui les conditionnent. La houille blanche

La Houille blanche, PARIS 3 et 5 - I948

- COUTAGNE A.

- Etude générale des variations de débits en fonction des facteurs qui les conditionnent.

La Houille blanche, PARIS, 2 - I949

.../

- HLAVEK, R. et LEVEQUE P.

- Contribution à l'étude hydrologique des bassins versants du Lakhdar et de la Tessaout (Haut-Atlas central du Maroc)

Rapport inédit - I960

- LUGEON J.

- Précipitations atmosphériques, écoulements et hydroéléctricité

Dunod- PARIS - I928

- SERRA L.

- Essai d'étude de l'influence de la nature géologique d'un bassin sur l'écoulement

Annuaire hydrologique de la France - PARIS - I947

- SERRA L.

- Etude des facteurs géologiques conditionnant l'écoulement.

Association Internationale d'Hydrologie Scientifique, Assemblée Générale ROME III - I954

- DIENERT M.F. -

- Etude sur l'origine des eaux souterraines

Ann. Serv. Techniques de la Ville de PARIS
GAUTHIER-VILLARS - PARIS - I932

- DIENERT M.F.

- Etude sur l'origine des eaux souterraines (2ème mémoire)

Ann. des Serv. Techniques de la Ville de PARIS
Gauthier-Villars - PARIS - I933

- DIENERT et HENIN

- Du bilan de l'eau

Association Internationale d'Hydrologie Scientifique
Assemblée Générale d'Oslo pp I07, II5 (I948)

- TURC L.

- Le bilan d'eau des sols : relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement.

Thèses, PARIS. Inst. Nat. de la Rech. Agronomique (1953)

.../

- HUTCHINSON G. E.

- Atreatise on limnology - Vol. 1

Vol. 1 : Geography, physics and chemistry - NEW-YORK et LONDRES, Wiley et Chapman I957 - I0I5 p. Voir également R. KELLER : Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes Leipzig Teubner I962, 520 p

- REMENIERAS G.

- Eléments d'hydrologie appliquée

PARIS - Colin I959

- PRADE M.

- Le régime du Rhône

Thèse LYON I925 - Tom TI

- ANONYME - I96I

- Pollution des nappes souterraines et des cours d'eau

Journal des Maires et des Conseillers Municipaux Fr-F Mai I96I - I04, 209-I0

- BUGUIN L L. - I959

- Pollution chimique des eaux potables.

Bulletin de l'Inst. des Ind. de fermentation BRUXELLES Février I959, 2 , n° 2 (9) 23-4

- BUYDENS R. - I962

- Les zones de protection des captages d'eau souterraine

Technique de l'Eau et de l'Assainissement. Fr-B (15 Février I962), 16, n° I82, I7-23

- COLLINS J. C. - I960

- Radioactive wastes. Their treatment and Disposal

E. et F.N. Spon Limited - LONDRES I960

- CORTI U.A. - I956

- Réflexions sur l'introduction de normes internationales pour l'eau potable.

La technique de l'Eau, Fr-B (15 Sept. I956) 10, n° 17, 15-2

.../

- DASSONVILLE G. - MARTIN Y - RICOUR J. - WATERLOT G. avec la collaboration d DELLERY B. et PIACINZKI M. - I962

- La pollution de la nappe du calcaire carbonifère dans la région de Bondues.

Documentation B.R.G.M. - S.G.R.N.P.C. - D.S.G.R. 62.A.38 - 27 Juin I962, 1 br. 51 p 18 fig. 4 tabl. 5 annexes

- HLAVEK R. - I957

- L'intervention de l'Etat dans les problèmes d'utilisation de l'eau.

Documentation B.R.G.M. A. II07 24 Avril I957, p I35

- INTERNATIONAL ATOMIC AGENCY - I960

- Disposal of Radioactive wastes, Vol II - Masson

- I.R.H.B.L. - I960

- Incidence des exploitations de sables et graviers, implantées dans la vallée alluviale de la Moselle, sur le comportement des nappes souterraines. Leur exploitation et leur protection.

Documentation B.R.G.M. - I.R.H.B.L. 6 Septembre I960 A. I700

- JAAG O. - I958

- La pollution des eaux de surface et des eaux souterraines. La technique de l'Eau et de l'Assainissement.

Fr. B (15 Décembre I958) 12, n° I44, 19-28, i tabl.

- JAMMET - I956

- Les risques de pollution des eaux par les produits radioactifs

L'eau Déc. I956 - p263-272

- KEILLING J. - I956

- La contamination du sol et des eaux par les produits utilisés en agriculture

L'eau, Déc. I956 p 26I

- LE STRAT - I956

- La pollution des eaux par les produits détersifs

L'eau Décembre I956

.../

- NEVEUX M. - I960

- Les divers aspects de la législation et de la réglementation française concernant la pollution des eaux

L'eau Octobre I960

- SACKMANN L.A. - ZILLIOX L. - I963

- Pollution et protection des nappes d'eau souterraines

Techniques et Sciences Municipales Juin I963, 6, p 223-235 16 fig.

- VLADIMISKIJ V.I. - I960

- Tâche des hydrogéologues pour le contrôle de l'utilisation et de la conservation des Eaux souterraines.

Prospection et Protection du sous-sol. Fr-F, Novembre I960 n° 11, 34-7

.../

- AGUESSE P. - 1961 -

Contribution à l'étude écologique des Zygoptères de Camargue.(thèse Paris)

Centr. Rég. Doc. Péd, Aix-en-Provence, 156 p 385.

- AGUESSE P.C. et DUSSART B. - 1956 -

Sur quelques crustacés Camargue et leur écologie

Vie Milieu 7, 4, 481-520. 389.

- ALEEM A.A. - 1949 -

A quantitative method, for estimating the periodicity of diatoms.

j. mar. biol. Ass. U.K., 28, 3, 713-717, 410.

- ANDERSON G.C. - 1958 -

Some limnological features of a shallow saline meromictic lake.

Limnol, Oceanogr, 3, 3, 259-270, 160, 229.

- ANGELIER E. - 1953 -

Recherches écologiques et biogéographiques sur la faune des sables submergés.

Arch. Zool. exp. gén. 90, 37-161. 231.

- ANGELIER E. - 1953 -

Le peuplement des sables submergés d'eau douce.

Année biol. 29, 467-486. 321.

- BALDI E. - 1941 -

Ricerche idrobiologiche sul Lago di Tovel.

Memorie Mus. Stor. nat. Venezia trident, 6, 1-300. 445.

- BARKER H.A. - 1935 -

Photosynthesis in diatoms.

Arch. Mikrobiol, 6, 141-156, 443.

- BERTRAND H. - 1949 -

Récoltes de Coléoptères aquatiques (Hydrocanthares) dans les pyrénées; Observations écologiques.

Bull. Soc. Zool. fr, 74, 1-2, 24,38, 341.

- BERTRAND H. - 1950 -

Quelques remarques sur la biogéographie et l'écologie des insectes aquatiques (Coléoptères).

C.R. Somm. Séanc. Soc. Biogéogr. 235, 70-77, 337.

- BERTRAND H. - 1954 -

Les insectes aquatiques d'Europe (Genres : Larves, Nymphes, Imagos).

Encyclop. Entomol. Lechevalier, Paris, I, 556 p. II, 547 p. 333, 341.

- BETANT A. - 1918 -

Observations sur le plancton de l'eau du lac de Genève (faites pendant les années 1914-1917).

Genève, 15 p. 376.

- BLINKS L.R. - 1955 -

Photosynthesis and productivity of littoral marine algae.

J. mar. Res, 14, 363-373. 440.

- BOURRELLY P. - 1954 -

Recherches sur les Chrysophycées : Morphologie, phylogénie, systématique (thése, paris)

Revue algol., mém. h.s., 1, 412 p. 377.

- BUTCHER R.W. - 1940 -

Studies in the ecology of rivers. IV. Observations on the growth and distribution of the sessile algae in the river hull, Yorkshire.

J. Ecol, 28, 210-223. 468.

- BUTCHER R.W. - 1942 -

Studies in the ecology of rivers. II. The microflora of rivers with special reference to the algae on the river bed.

Amn. Bot. Lond., 46, 813-861. 468.

- CANTER H.M. et LUND J.W.G. - 1948 -

Studies on plankton parasites. I. Fluctuations in the numbers of Asterionella formosa Hass, in relation to fungal epidemics.

New Phytol, 47, 238-261. 305.

- CANTER H.M. et LUND J.W.G. - 1951 -

Studies on plankton parasites. III. Examples of the interaction between parasitism and other factors determining the growth of Diatoms.

Ann. Bot. Lond. 15, 359-371. 507.

- CHAPMAN V.J. - 1941 -

An introduction to the study of algae.

Cambridge, 387 p. 469.

- CHODOROWSKI A. - 1961 -

Recherches sur la dynamique des espèces dominantes dans les eaux périodiques.

Verh. Int. Ver. Limnol, 14, 1029-1034. 385, 387, 389.

- CHU S.P. - 1946 -

The utilization of organic phosphorus by phytoplankton.

j. mar. Biol. Ass. U.K., 26, 285-295, 455.

- COLLET L.W. - 1925 -

Les lacs. Leur mode de formation, leurs eaux, leur destin, éléments d'hydrogéologie.

Paris, 320 p. 90, 126, 178, 229, 273.

- COUTAGNE A. 1949 -

L'évaporation des surfaces d'eau naturelles.

Revue gén. Hydraul, juil./août, 174-184. 263.

- DAMANN W.A. - 1941 -

Quantitative study of the phytoplankton of lake Michigan at Evanston, Illinois.

Butler Univ. bot. Stud. 5, 27-44, 446.

- DAMAS H. - 1939 -

La faune de la Meuse Belge (Liège, la Meuse, et le bassin Mosan).

Assoc fr. Avanc. Sci., 63e sess. 150-159, 255.

- DAMAS H. - 1963 -

Les populations animales et végétales du lac de barrage de la Lufira (Mwadingusha).

Publ. Univ. Elisabeth, 6, 81-94, 506.

- DARLOT, DARVES-BORNOZ et PERRIN-PELLETIER, 1961 -

Les besoins en eau d'une nation industrialisée.

Coll. Rech. Dom. Eau; 14-15 mar, Paris, 45 p. 63.

- DAVIS C.C. - 1963 -

On questions of production and productivity in ecology.

Arch. Hydrobiol, 59, 2, 145-161, 409, 419, 421, 422, 424, 425, 435.

- DUSSART B. - 1951 -

La productivité de l'eau.

Hydrobiologia, 3, 4, 331-356, 422, 425, 435.

- DUSSART B. 1952 -

Contribution à l'étude des lacs de Savoie, le Lac de la Girotte. Annls. Sta. centr. Hydrobiol. appl., 4, 379-392. 90,229.

- DUSSART B. 1952 -

Contribution à l'étude des lacs de Savoie. Le Lac du Mont-Cenis.

Bull. fr. Piscic., 24, 164, 89-98. 229, 373, 512.

- DUSSART B. (1952 -

Contribution à la connaissance des lacs pyrénéens.

Annls. Sta. cent. Hydrobiol. appl. 4, 319-338. 526.

- DUSSART B. - 1954 -

Températures et mouvements des eaux dans les lacs. Introduction à l'étude d'un milieu.

Annls, Sta, cent. Hydrobiol. appl, 5, 1-128, 159, 160, 195, 203, 206, 208 261.

- DUSSART B. - 1956 -

Autoépuration et protection des eaux naturelles. Eau et Santé in Pêch. et Chass.

Suisses, 4, 11, 41-44. 529.

- DUSSART B. - 1961 -

Actions des eaux courantes s ~ la sédimentation en lac.

Verh. int. Ver. Limnol, 14, 440-446. 162, 178. 272.

- DUSSART B. - 1965 -

Les différences catégories de plancton.

Hydrobiologia, 26, 1/2 72-74. 407.

- DUSSART et NISBET M. - 1948 -

Le plancton dans le Léman et ses facteurs de répartition.

C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris, 277, 1054-1065. 471.

- EDMONDSON W.T. - 1956 -

The relation of photosynthesis by phytoplancton to light in lakes.

Ecology, 37 - 1, 161-173, 439.

- EGGLETON F.E. - 1931 -

A limnological study of the profundal bottom fauna of certain fresh-water lakes.

Ecol. Monogr. 1, 231-332, 230, 383.

- ERMAN L.A. - 1962 -

Sur l'utilisation des ressources trophiques des réservoirs par les rotifères planctoniques.

Bull. Soc. Invest. Nat. Moscou, biol, 67, 4, 32-48, 505.

- FAURE-FREMIET (E.), - 1961 -

Documents et observations écologiques et pratiques sur la culture des infusoires ciliés.

Hydrobiologia, 18 - 4, 300-320, 505.

- FINDENEGG I. - 1964 -

Produktionsbiologische Planktonuntersuchungen an Ostalpensen.

Int. Rev. ges. Hydrobiol, 49, 3, 381-416, 438, 474.

- FOGG G.E. - 1947 -

Nitrogen fixation by blue-green algae.

Endeabour, 6, 24, 172-175, 297.

- FOGG G.E. - 1956 -

The comparative physiology and biochemistry of the blue-green algae.

Bact. Rev. 20, 148-165, 457.

- FORBES S.A. - 1925 -

The lake as a microcosm.

Bull, Ill. nat. Hist. Surv., 1887, 15, 537-550.430.

- FOREL F.A. - 1892, 1895, 1904 -

Le Léman; monographie limnologique. 3 tomes.

Lausanne, F. Rouge, 2, 138, 155, 178, 200, 203 376.

- Fristch F.E. - 1935 -

The structure and reproduction of the Algae.

Cambridge, Vol, 1, 791 p.469.

- GADECEAU E. - 1909 -

Le Lac de Grand Lieu. Monographie phytogéographique

Dugas, Nantes, 156 p. 263.

- GAVLENA F. - 1955 -

Les cultures d'Algues et de Daphnies pour la pisciculture (en russe). Thèse, Moscou, 484.

- GAYRAL P. 1954 -

. echerches phytolimnologiques au Maroc.

Ttav. Inst. scient. chérif., sr. Bot 4, 306 p; 524, 528.

- GERADIN - 1873 -

Rapport sur l'altération, la corruption et l'assainissement des rivières. Archives des missions scientifiques et littéraires. Choix des rapports et instruction publiés sous les auspices du ministère de l'instruction publique, de la culture et des beaux-arts, 3. 398.

- GIBOR A. - 1956 -

Some ecological relationships between phyto and zooplankton.

Biol. Bull., 111, 230-234, 485, 486.

- GOLDMAN C.R. - 1964 -

Primary productivity and micro nutrient limiting factors in situ in water columns isolated by polyethylene film.

Limnol. Oceanogr., 7, 99-101, 459.

- GOLDMAN C.R. - 1964 -

Primary Productivity and micro-nutrient limiting factors in some North American and New Zealand lakes. Verh. int. Ver. Limnol., 15, 365-374, 464.

- GOLDMAN C.R., Mason D.T. et WOOD B.J.B. - 1963 -

Light injury and inhibition in antarctic freshwater phytoplankton.

Limnol. Oceanogr, 8,3, 313-322, 440.

- GOLDMAN C.R. et WETZEL R.G. - 1963

A study of the primary productivity of clear lake.

Lake county, california. Ecology, 44, 2, 283-294.

93, 94, 441, 470, 479.

- GRIFFITH R.E. - 1955 -

Analysis of phytoplankton yieds in relation to certain physical and chemical factors of lake michigan.

Ecology, 36, 4, 543-552. 446. 470.

- HARVEY H.W. - 1934 -

Measurement of phytoplankton populations.

J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 19, 761-773. 410

- HARVEY H.W. - 1945 -

Recent advances in chemistry and biology of sea-waters.

Cambridge Univ. Press., 60.

- HARVEY H.W. - 1947 -

Manganese and the growth of phytoplankton.

J. Mar. Biol. Ass. U.K. 26, 562-579. 108. 459.

- HOLSINGER E.C.T. - 1955 -

The distribution and periodicity of the phytoplankton of three Ceylon lakes.

Hydrobiologia 7, 1/2, 25-35. 445.

- ICHIMURA S. et ARUGA Y. - 1958 -

Some characteristics of photosynthesis of fresh water phytoplankton.

Bot. Mag. Tokyo, 71, 261-269. 442, 444.

- ILLIES J. et BOTOSANEANU L. - 1963 -

Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique.

Mitt. int. Ver. Limnol., 16, 1-57. 391, 393, 396.

- INGRAM W.M. et PRESCOTT G.W. - 1954 -

Toxic freshwater algae.

Amer, Midl. Nat., 52, 75-87. 483.

- KACKSON D.F. - 1961 -

Comparative studies of phytoplankton photosynthesis in relation to total alkalinity.

Verh. int. Ver. Limnol., 14, 125-133.443.

- JOLY R. - 1953 -

Contribution à l'étude du plancton de quelques étangs de la Gironde (Lacanau et Hourtin).

Congr. Assoc. Fr. Avanc. Sci., Luxembourg, 72e sess. 468-469. 313.

- JOLY R. - 1960 -

Contribution à la connaissance du peuplement d'un lac de tourbière : le lac Luitel (Isère).

Annls. Ec. Nat. Eaux Forêts, 17, 4, 499-508. 306.

- JUGET J. 1958 -

Recherches sur la faune de fond du Léman et du Lac d'Annecy.

Annls. Sta. cent. Hydrobiol. appl., 7, 7-95. 249.

- KRAUSS R.W. - 1958 -

Physiology of the fresh-water algae.

Ann. Rev. Plant. Physiol. 9, 207-244. 439.

- LEENTVAAR P. - 1958 -

Observations on the plankton of some inland waters, especially "Wielen" in the netherlands.

Beaufortia, 6, 73, 171-198. 130.

- LEFEVRE M. - 1942 -

L'utilisation des Algues d'eau douce par les Cladocères.

Bull. Biol. Fr. Belg., 76, 3, 250-276. 256, 485, 502, 505.

- LEFEVRE M. - 1948 -

Influence des variations de niveau d'un étang sur la nature de son phytoplancton. Intérêt en économie piscicole.

Annls. Sta. cent. Hydrobiol. Appl., 2, 43-50. 468, 506.

- LEFEVRE M. - 1950 -

Aphanizomenon gracile Lem. Cyanophyte défavorable au zooplankton.

Annls. Sta. cent. Hydrobiol. appl, 3, 205-208. 482.

- LEFEVRE (M. et FARRUGIA G. - 1958 -

De l'influence sur les algues d'eau douce, des produits de décomposition spontanée des substances organiques d'origine animale et végétale.

Hydrobiologia, 10, 49-65. 464.

- LEFEVRE M. JAKOB H. et NISBET M. - 1952 -

Auto-ret hétéroantagonisme chez les algues d'eau douce in vitro et dans les collections d'eau naturelles.

Annls, Sta. cent. Hydrobiol. appl. 4, 5-198. 292, 372, 443, 461, 462, 507, 508.

- LEFEVRE M. LAPORTE G. et FLANDRE O. 1963 -

Sur la sécrétion par certaines cyanophycées de substances stimulant la multiplication cellulai

C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci. 256, 254-256, 450, 461

- MACAN T.T. - 1963 -

Freshwater ecology.

Longmans, London, 338 p. 61, 99, 492.

- McLEOD G.C. et McLACHLAN J. - 1959 -

The sensitivity of several algae to ultraviolet radiation of 2537 A.

Physiol. pl, 12, 306-309. 440.

- MARGALEF R. - 1955 -

Los organismos indicadores en la limnologia. Biologia de las aguas continentales

12, 300 p. 351, 394.

- MARGALEF R. - 1958 -

Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton.

Perspectives in marine biology. Univ. calif. Press. 323-349. 256.

- MARLIER G. 1951 -

La biologie d'un ruisseau de plaine,le Smohain.

Mém. Inst. R. Sci. nat. Belg. 114, 1-98, 350.

- MERCIER P. - 1955 -

Evolution d'un lac eutrophe soumis à l'aération artificielle sous-lacustre.

Verh. int. Ver. Limnol., 12, 679-686, 530.

- NISBET M. et DUSSART B. - 1948 -

Le Plancton dans le Léman et ses facteurs de répartition.

C.R. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris, 277, 1054-1056. 370.

- PARDE M. - 1955 -

Fleuves et rivières.

Coll. Armand Colin, Paris, 233 p. 252.

- PETIT G. - 1953 -

Introduction à l'étude écologique des étangs méditerranéens.

Vie Milieu, 4, 569-604, 220, 349.

- PICARD K. - 1951 -

Documents faunistiques et écologiques.

Vie Milieu, 2, 4, 528-529, 313.

- PIERRE F. - 1951 -

Les conditions écologiques et le peuplement des vases d'eau douce.

Encyclop. Biogéogr. Ecol. VI, Lechevalier, Paris, 105 p 276.

- PILLAI V.K. - 1954 -

Some factors controlling algal production in salt water lagoons.

Proc. Ind. Pac. Fish. Counc. Sect II; 5 78-81 459.

- PORTIER J.W. et KNAUSS H.J. - 1954 -

Inhibition of growth of chlorella pyrenoidosa by beta-emiting radioisotopes.

Plant. Physiol. 29, 60-63, 459.

- PRATT R. - 1940 -

Studies on Chlorella vulgaris.

Amer. J. BOT, 29, 2, 142-148, 507.

- PRATT R. - 1948 -

Studies on chlorella vulgaris. II. Relation between surface tension and accumulation of chlorellin.

Amer. J. Bot, 35, 9, 634-637, 462.

- PROVASOLI L. - 1964 -

Effect of external matebolites on algae.

Ver? Limnol, 15, 804-805, 464.

- RAWSON D.S. - 1956 -

Algal indicators of trophic lake, types.

Limnol. Oceanogr., 1, 1, 18-25, 522, 524, 528.

- RAWSON D.S. - 1958 -

Indices to lake productivity and their significance in predicting conditions in reservoirs and lakes with disturbed water levels.

Invest. Fish-Pow. Probl, 27, 41, 423, 473.

- RICE T.R. - 1954 -

Biotic influences affecting population growth of planctonic algae.

Fish. Bull. U.S. Fish Wildl. Serv. 54, 87, 227-245 462.

- RODHE W. - 1948 -

Environmental requirements offresh-water plankton algae.

Symb. Bot. Upsal., 10, 1, 1-149, 96, 100, 370 444, 448, 455, 502, 507.

- RODHE W. - 1962 -

Sulla produzione di fito-plancton in laghi trasparenti di alta montagna.

Mem. Ist Ital. Idrobiol. 15 21-28. 479, 480.

- RODHE W. VOLLENWEIDER R.A. et NAUWERCK A. - 1958 -

The primary production and standing crop of phytoplankto,. In "Perspectives in marine biology" A.A. Buzzati Traverso, Univ. California Press, 299-322. 479.-

- ROUND F.E. - 1964 -

The ecology of benthic algae. In : KACKSON D.F. Algae and man.

Plenum press, 138-184. 352.

- ROY J. - 1932

Copépodes et Cladocères de l'Ouest de la France. Recherches biologiques et Faunistiques sur le plancton d'eau douce des Vallées du Loir et de la Sarthe

Louis-Jean, Gap 222 p. 372 505, 513.

- SCHACHTER D. - 1950

Contribution à l'étude écologique de la Camargue. Le milieu aquatique et sa faune

Ann. Inst. Océanogr., 25, 1-108, 387.

- SCHAPERCLAUS W. - 1962 -

Traité de pisciculture en étang

(trad. Appert et Appert). Vigot, Paris, 620 p. 234.

- STEEMANN-NIELSEN E. - 1955 -

The production of organic matter by the phytoplankton in a danish lake receiving extraordinary great amounts of nutrient salts.

Hydrobiologia 7 1/2 68-74, 451, 474.

.../

UTERMOHL H. - 1925 -

Limnologische phytoplanktonstudien.

Arch. Hydrobiol, suppl, 5, 1-527, 294.

VERDUIN J. - 1954 -

Phytoplakton and turbidity in western lake Eric. Ecology, 35, 550-561. 470.

VERDUIN J. - 1956 -

Primary production in lakes.

Limnol. Oceanogr. 1, 2, 85-91, 445, 470.

WASSINCK E.C. et KERSTEN J.A.H. - 1948 -

Observations sur la photosynthèse et la fluorescence chlorophylienne des diatomées.

Enzymol, 11 ; 282, 446.

WELCH - 1952

Limnology, Mc. Graw-Hill Book CO. N.Y. et London, 2e Ed, 536 p. 3, 469.

WURTZ A. 1945 -

Recherches écologiques sur les lacs, tourbières et étangs d'Auvergne,

Annls. Sta. cent. hydrobiol. appl. 1: 89-166 134, 296.-

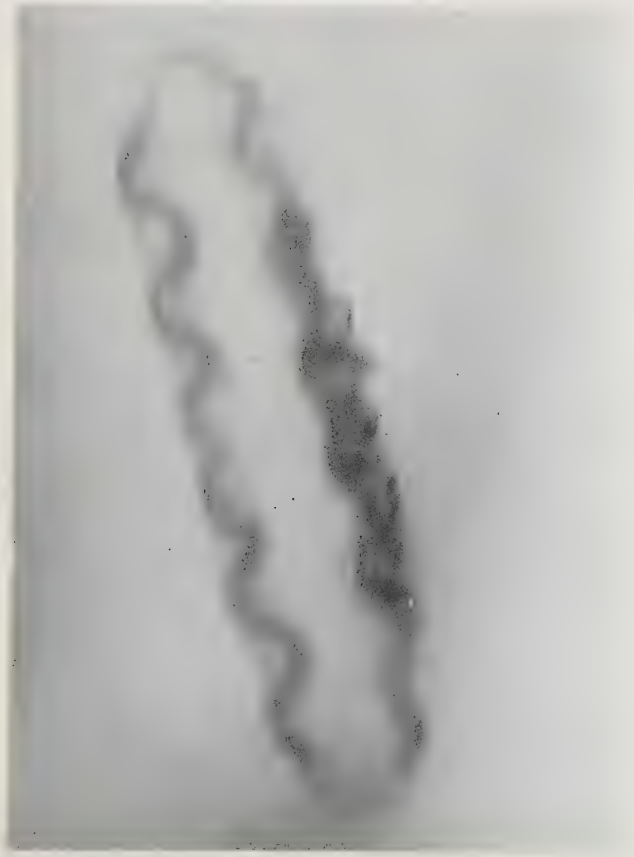
Cymbella La ceolata

Diatoma Vulgare

Diatoma Elongatum

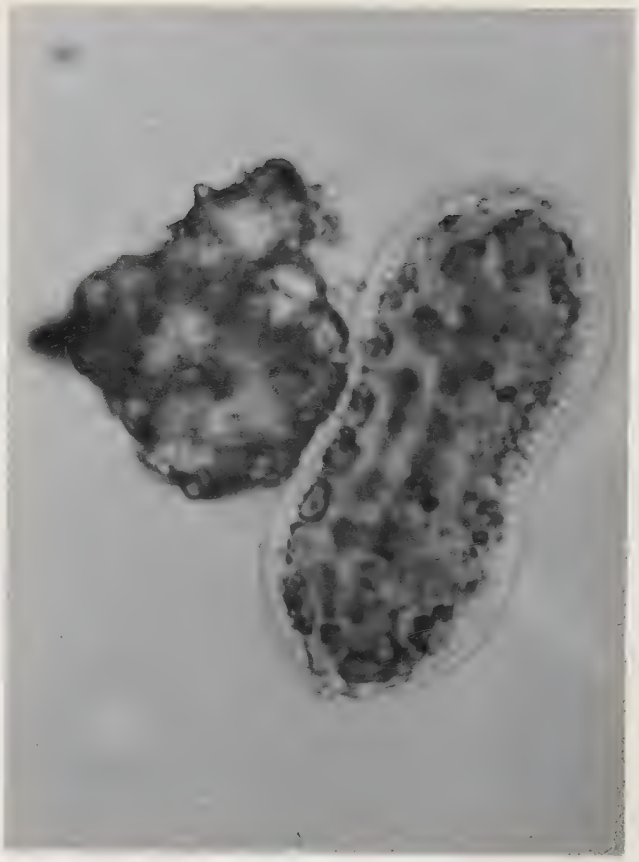
Gomphonema Acuminatum

Stauroneis Anceps

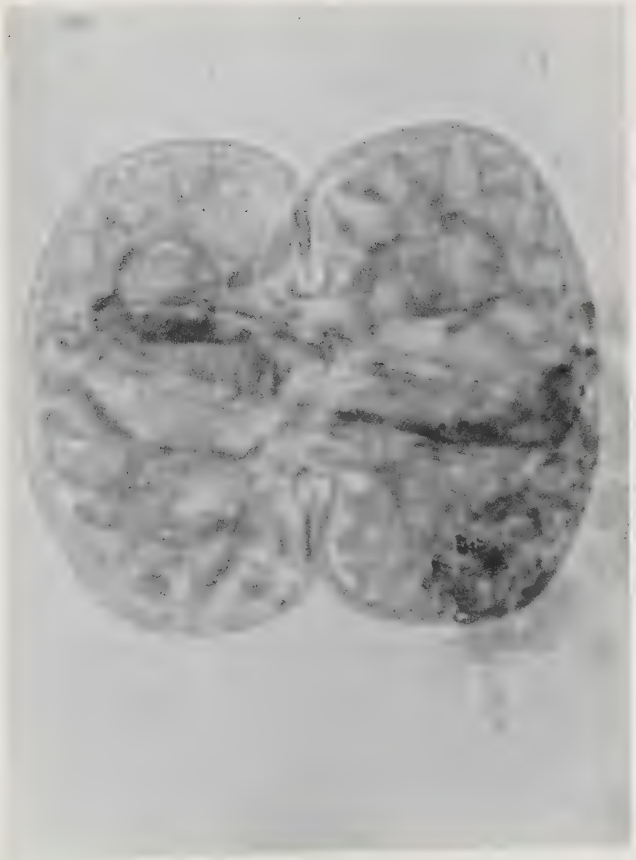


Cymatopleura Solea

Amphora Ovalis



Cymatopleura Solea



Cosmarium Contractum

Cosmarium Granulatum

Melosira

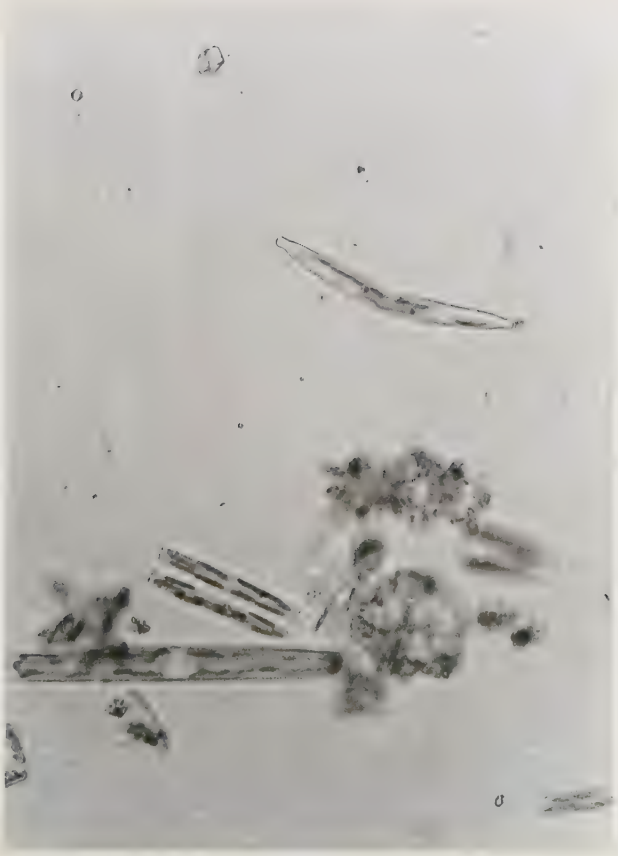
Synedra Ulna

Pleurosigma Delicatulum

Cymbella Lanceolata

Gyrosigma

Ceratoneis Arcus

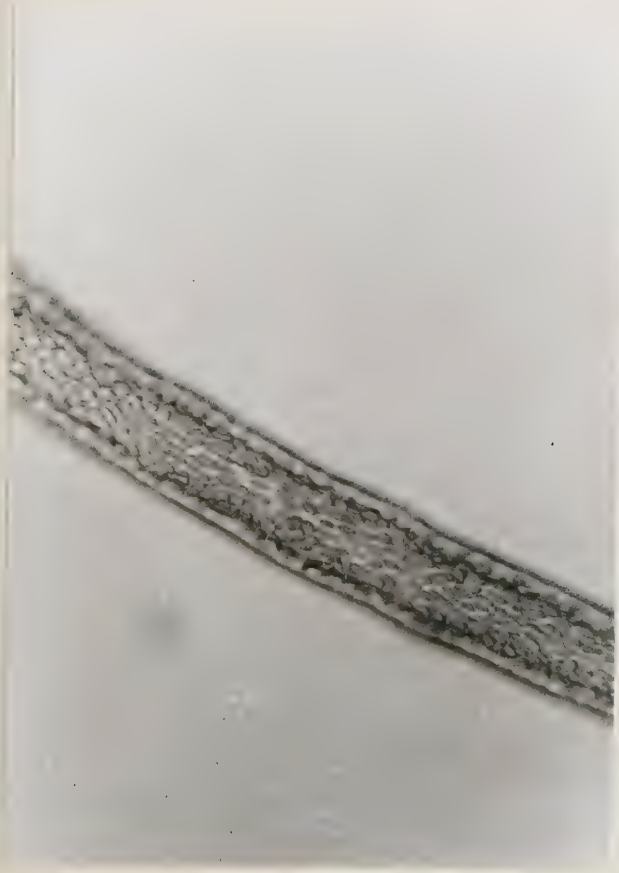


Ceratoneis - Synedra Ulna

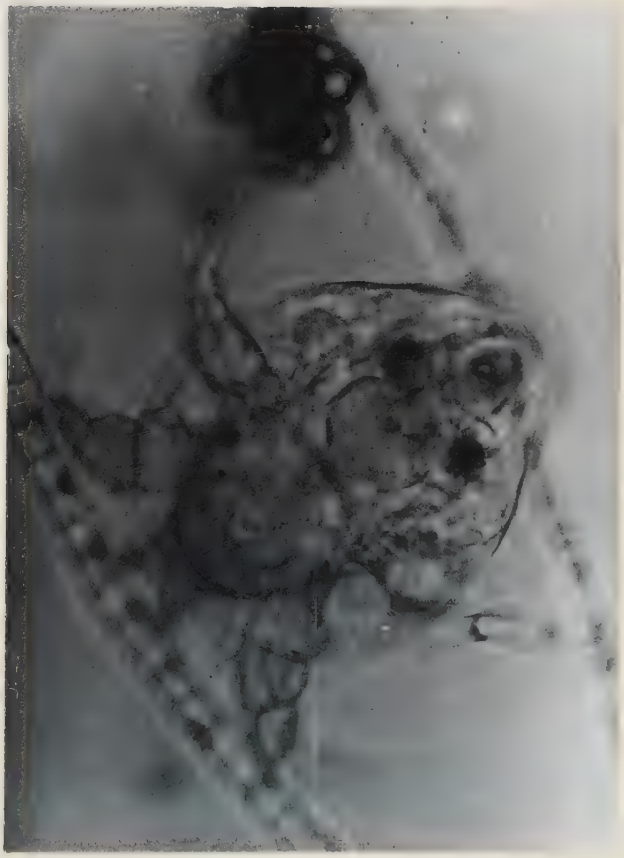
Navicula Radiosa

Gyrosigma Acuminatum

Oedogonium



Vaucheria



Hydrocarion

Vu et approuvé

Bordeaux, le

Le Doyen de la Faculté des Sciences

R. CALAS

Vu et permis d'imprimer

Bordeaux, le

Le Recteur de l'Académie de Bordeaux

J. BABIN